1956

Tome 40 1976. Fascicule 2

REVUE DE MYCOLOGIE

Directeur Roger HEIM Membre de l'Institut

LABORATOIRE DE CRYPTOGAMIE
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
12 rue Buffon, 75005 PARIS

Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

Publication trimestrielle

Source MNHN Paris

SOMMAIRE

TRAVAUX ORIGINAUX

C. MOREAU. – Variations de la pollution fongique des arachides et de leurs tourteaux, de la récolte à la consommation 97

L. M. MELENDEZ-HOWELL. – Recherches préliminaires sur la germination des spores de Discomycètes 117

J. M. YEN. – Les Urédinées de Côte d'Ivoire. I. 125

M. BATCHO, J. DUBOIS & Ch. ZAMBETTAKIS. – La conjugaison in vitro chez l'*Ustilago violacea* (Pers.) Rouss. : Modalités, influence des facteurs externes et développement des filaments mycéliens 141

A. PARGUEY-LEDUC & M. LOCQUIN-LINARD. – L'ontogénie et la structure des périthèces de *Faurelina fimigenes* Locquin-Linard 161

R. W. G. DENNIS. – *Leucopaxillus rhodoleucus* in England. 177

G. MALHOTRA & K. G. MUKERJI. – Fungi of Delhi. XXIX. Three new species of *Chaetomium* from decaying wood. 179

o
o o

Les Champignons vénéneux, par P. Joly. 185

De la nécessité de l'hérésie par G. Becker 203

o
o o

Analyses bibliographiques 207

Les manuscrits doivent être adressés à Madame M. F. ROQUEBERT, Laboratoire de Cryptogamie, 12 rue de Buffon, 75005 Paris.

Source : MNHN, Paris

REVUE
DE
MYCOLOGIE

Directeur : Roger HEIM

TOME QUARANTE
1976

COMITÉ DE LECTURE

MM. BOIDIN J. (Lyon), CAILLEUX R. (Paris), GAMS W. (Baarn, Hollande), JOLY P. (Paris), MANGENOT F. (Nancy), MOUCHACCA J. (Paris), Mme NICOT J. (Paris), M. PEGLER D. N. (Kew, G. B.), Mme PERREAU J. (Paris), Mme ROQUEBERT M. F. (Paris), M. SUTTON B. C. (Kew, G. B.).

ADMINISTRATION : Mme LOCQUIN-LINARD M. et M. ZAMBETTAKIS Ch.

Copyright © 1976. *Revue de Mycologie*

Source : MNHN, Paris

VARIATIONS DE LA POLLUTION FONGIQUE DES ARACHIDES ET DE LEURS TOURTEAUX DE LA RÉCOLTE A LA CONSOMMATION

par C. MOREAU *

RÉSUMÉ. — L'analyse mycologique d'arachides après récolte a été réalisée : une mycoflore variée d'origine tellurique souille la surface des gousses; la plupart des espèces traversent la coque mais une faible partie seulement s'implante sur les graines. Les *Aspergillus flavus* et *A. niger* sont les éléments dominants. Au cours de leur séjour en usine, les amandes, très polluées à l'origine, subissent divers traitements thermiques qui, progressivement, suppriment toute pollution fongique. Mais une recontamination se produit dès le refroidissement des «pellets» et le développement des moisissures est important dans les conditions usuelles de stockage. Les tourteaux fournis à l'alimentation animale sont souvent très contaminés. Une détoxification des tourteaux par ammoniation permet une destruction des aflatoxines mais a aussi une action fongicide à l'égard de nombreuses moisissures, notamment l'*A. flavus*.

SUMMARY. — (Variations of fungal pollution in peanuts and their cakes from harvest to consumption). — The mycological analysis of post harvest peanut samples has been carried out : various soil-borne fungi infect the surface of the pods; most of them grow through in the shell, but some only reach the kernels. The most common are *Aspergillus flavus* and *A. niger*. Where they are treated in oil fabrics, the originally very polluted kernels are processed through some thermic treatments which progressively delete all fungal pollution. Nevertheless a recontamination occurs as soon as the pellets are cooled, and a large mold development occurs in the usual conditions of storage. The cakes used to feed the cattle are often very contaminated. A detoxification of cakes by ammoniation permits to destroy the aflatoxin but also has a fungicidal action against many molds, specially *A. flavus*.

Les analyses mycologiques de tourteaux d'arachide que nous avons réalisées depuis plusieurs années à la demande de vétérinaires, de fabricants d'aliments du bétail ou d'éleveurs nous ont montré qu'au moment de leur utilisation

* Laboratoire de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de Bretagne Occidentale, 29283 Brest Cedex.

Source : MNHN, Paris

en alimentation animale, ces tourteaux sont l'objet d'une contamination importante par des moisissures dont beaucoup sont réputées toxinogènes. Or, ayant reçu du Sénégal des tourteaux fraîchement préparés, nous avons été étonné de leur faible pollution fongique tandis que les amandes d'arachides à partir desquelles ils avaient été fabriqués recélaient une mycoflore abondante.

Ces apparentes contradictions méritaient une explication. C'est pourquoi, bien que de nombreuses publications aient déjà été consacrées aux champignons parasites de l'arachide et aux moisissures des tourteaux, il nous a paru utile d'apporter les résultats de nos propres observations et nos réflexions sur ce sujet, appréhendant le problème dans son ensemble, depuis la récolte de l'arachide jusqu'au moment de la consommation du tourteau par les animaux.

I. MÉTHODES D'ANALYSE

Nous avons adapté à l'arachide les méthodes d'analyse mycologiques (1) mises au point pour les grains (MOREAU C., MOREAU M. et PELHATE, 1964).

Les gousses entières, les coques et les amandes ont été ensemencées directement en boîte de Pétri sur milieu de culture gélosé soit telles, soit après désinfection superficielle par l'eau de Javel afin de mettre en évidence la mycoflore interne. Ainsi avons-nous pu déterminer le pourcentage d'éléments contaminés par les diverses espèces fongiques identifiées.

D'autre part, la méthode classique par dilution a permis de révéler la mycoflore sporulée de surface des gousses ou des amandes et d'évaluer le nombre de germes viables présents dans les tourteaux, farines, sons.

Deux milieux de culture différents (malt 2% et malt 5% + ClNa 5%), deux température d'incubation (22°C et 32°C) ont toujours été utilisés pour chacune des dilutions réalisées.

Les résultats rapportés dans les tableaux suivants indiquent (sauf mention spéciale) le recensement des germes fongiques viables (spores et fragments mycéliens) par gramme d'échantillon sur le milieu de culture où la croissance est optimale, à la température d'incubation la plus favorable à leur développement et à la dilution où le dénombrement est le plus aisé et significatif.

II. MYCOFLORE DES GOUSSES ET DE LEURS GRAINES (2)

Après arrachage, les pieds d'arachide sont mis en meules. Le séchage a lieu le plus souvent à l'air libre puis, après battage, les gousses sont stockées en

(1) Analyses mycologiques réalisées avec la collaboration de Jean-Paul GUIAVARCH, Marie-Yvonne JAN et Marie-Anne LE BRAS.

(2) Étude réalisée grâce au concours de la Compagnie Africaine de Commerce et de Commission (C.A.F.C.O.).

Source : MNHN, Paris

attendant leur décorticage et le traitement des amandes pour l'extraction de l'huile et la production de tourteaux.

Six lots de gousses récoltées au début de 1970 au Sénégal ayant subi sur place un stockage de 4 mois sans précautions particulières, nous ont été adressés. Ils ont donné lieu à une analyse mycologique comparative associant l'examen de :

1) la mycoflore superficielle des gousses (analyse par dilutions),

2) la mycoflore ayant traversé la coque (analyse par ensemencement direct après désinfection de la surface des gousses),

3) la mycoflore des graines (extirpées avec précautions à partir de gousses apparemment intactes et désinfectées superficiellement; analyse par ensemencement direct).

A. MYCOFLORE SUPERFICIELLE DES GOUSSES

Le tableau I rapporte le nombre de germes viables (spores et fragments mycéliens) recensés par gousse.

Tableau I. – Mycoflore superficielle des gousses. Nombre de germes par gousse.

Champignons \ Lots n°	1	2	3	4	5	6
Rhizopus stolonifer	traces	-	traces	100	-	traces
Aspergillus flavus	35 000	50 000	900	7 000	800	10 000
Aspergillus gr.*glaucus*	-	250	250	-	traces	500
Aspergillus nidulans	-	-	traces	-	traces	-
Aspergillus niger	4 000	3 500	2 000	100	7 000	5 000
Aspergillus ochraceus	-	-	50	-	-	-
Penicillium funiculosum	250	-	500	500	500	traces
Penicillium wortmanni	-	-	1 500	200	600	100
Gliocladium roseum	-	-	-	-	3 000	-
Trichothecium roseum	-	-	-	-	-	traces
Fusarium roseum	traces	-	traces	500	traces	traces
Cylindrocarpon sp.	-	-	-	-	traces	-
Alternaria consortiale	traces	-	-	-	-	traces
Lasiodiplodia theobromae	500	traces	traces	1 500	traces	500
Rhizoctonia solani	traces	traces	traces	-	-	-
mycélium stérile (Basidiomycète ?)	-	traces	-	traces	traces	traces

Origine des lots d'arachide :

1. Diourbel Thiérigne
2. Louga
3. M'Bour M'Bouroukh
4. Thiès Touba Kane
5. Tène Toubab
6. Gade derrière Kébémer

Source : MNHN, Paris

On constate que l'*Aspergillus flavus* et l'*Aspergillus niger* sont présents à la surface de toutes les gousses examinées; il en est de même du *Lasiodiplodia theobromae*, une espèce très polyphage et ubiquiste en régions tropicales, mais souvent détectée seulement à l'état de traces.

Dans 4 cas sur 6, l'*Aspergillus flavus* est le plus abondant; dans les 2 autres cas, l'*Aspergillus niger* est l'élément dominant.

Dans un cas particulier (lot n° 4), on note l'abondant développement d'un *Fusarium roseum*.

B. CONTAMINATION DES GRAINES

Le tableau II fournit, pour les mêmes lots que le tableau I, le pourcentage de coques infectées sur leur face interne et le pourcentage de graines contaminées par les diverses espèces recensées. La zone interne des coques est moins polluée que la région superficielle; dans l'ensemble, les graines sont moins contaminées que les gousses.

Quelques champignons présents à la surface des gousses ne se retrouvent pas ici : *Aspergillus* gr. *glaucus*, *A. nidulans*, *Trichothecium roseum*, *Cylindrocarpon* sp., *Alternaria consortiale*. Les *Penicillium* sont moins fréquents.

Les 3 espèces dominantes demeurent les *Aspergillus flavus*, *A. niger* et *Lasiodiplodia theobromae*. Remarquons que dans les lots n° 3 et 4 les *Aspergillus flavus* et *A. niger* présents à l'intérieur des coques ne semblent pas avoir encore

Tableau II. – Pourcentage de coques (a) infectées dans leur zone interne et de graines (b) contaminées par les diverses espèces recensées.

Champignons \ Lots n°	1		2		3		4		5		6	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Rhizopus stolonifer	–	–	–	–	25	–	10	–	–	–	3	–
Aspergillus flavus	85	40	15	43	2	–	25	–	10	10	40	20
Aspergillus niger	10	10	25	13	–	–	15	–	40	20	25	–
Aspergillus ochraceus	–	–	–	–	25	–	–	–	–	–	–	–
Penicillium funiculosum	–	–	–	–	25	–	–	–	tr.	10	–	–
Penicillium wortmanni	–	–	–	–	–	–	20	20	10	–	–	–
Gliocladium roseum	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–	–	–
Fusarium roseum	–	–	–	–	5	–	40	50	20	–	20	10
Lasiodiplodia theobromae	30	10	80	6	90	–	100	10	100	20	90	–
Rhizoctonia solani	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–
mycélium stérile (Basidiomycète ?)	–	–	–	–	–	–	5	–	15	–	30	–

Source : MNHN, Paris

traversé le périderme de la graine puisqu'on ne les retrouve pas dans celle-ci. Dans le lot 4, il y a peut-être antagonisme avec le *Fusarium roseum* qui paraît bien implanté profondément.

C. DISCUSSION

Les gousses présentent à leur surface une mycoflore variée dont les *Aspergillus flavus* et *A. niger* sont les éléments dominants. Une grande partie de ces champignons sont des espèces communes dans le sol et les cultures d'arachides, la contamination des gousses ayant généralement lieu au moment où elles sont enfouies dans le sol (*Rhizoctonia, Fusarium, Lasiodiplodia*, etc.).

La plupart de ces espèces traversent la coque facilement fissurée par la sécheresse ou détoriée par les pratiques culturales et on les retrouve, mais en moindre abondance qu'à l'extérieur, sur la surface interne des coques.

Cependant, un petit nombre seulement réussit à s'implanter sur les graines. Le périderme desséché constitue une protection pour les cotylédons mais aussi une barrière physique contre l'infection des graines (SCHENK, 1961), un véritable filtre, que ne franchissent normalement que des espèces bien armées en enzymes; l'*A. flavus* paraît à cet égard particulièrement apte.

La teneur en eau des amandes est ensuite le facteur dominant pour permettre la prolifération plus ou moins grande des moisissures.

C'est ainsi que, confirmant les observations récentes de SUBRAHMANYAM et RAO (1974), nous avons constaté la pollution totale suivante (nombre de germes fongiques par gramme d'échantillon) pour des lots d'amandes à diverses teneurs en eau :

lot n° 1	teneur en eau : 21%	pollution : 20750 germes/gramme
lot n° 2	teneur en eau : 18%	pollution : 12800 germes/gramme
lot n° 3	teneur en eau : 16%	pollution : 182 germes/gramme

III. CHAINES DE FABRICATION DES PELLETS ET DÉRIVÉS (1)

A. PRÉPARATION DES PELLETS (2)

Ainsi que cela a été schématisé sur l'organigramme de la figure 1, les arachides amenées à l'usine de traitement y sont décortiquées. Après broyage, les amandes décortiquées sont chauffées à 95-100°C afin de favoriser une coagulation des

(1) Travaux réalisés en 1972 à l'initiative du Syndicat des Fabricants d'Huile et de Tourteaux du Sénégal. Nous remercions particulièrement M. SIEGRIST pour l'aide qu'il nous a apportée pour la réalisation de ces essais et pour la rédaction des résultats.

(2) Nous nous excusons d'utiliser dans cette publication des termes d'origine anglo-saxone tels que «pellets», «expellers», «toaster». . . Il s'agit d'une terminologie internationale couramment employée par les spécialistes de la technologie des oléagineux et qui n'a pas son équivalent en français.

Source : MNHN, Paris

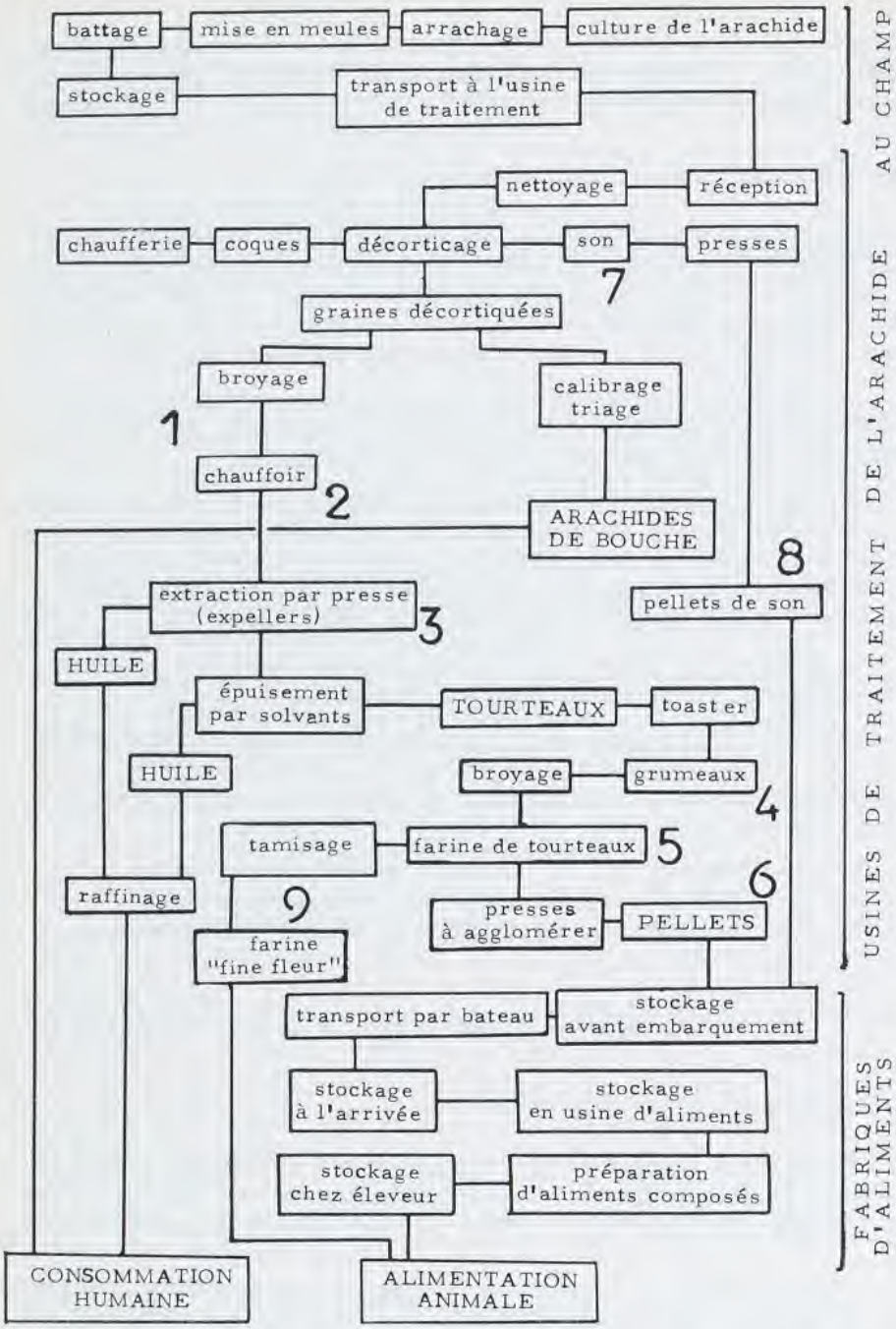


Fig. 1. — Organigramme schématique des traitements de l'arachide et des tourteaux. Les numéros indiquent les points de la chaîne où des prélèvements ont été effectués en vue d'une analyse mycologique.

Source : MNHN, Paris

Prélèvements / Champignons	1		2		3		4		5		6	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Mucor mucedo	-	-	-	traces	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhizopus stolonifer	200	-	-	-	10	-	-	-	100	-	-	-
Aspergillus candidus	500	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus clavatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	traces	-
Aspergillus flavipes	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus flavus	11 000	9 000	100	140	-	100	-	400	100	500	100	100
Aspergillus fumigatus	1 000	-	10	10	-	-	-	-	-	-	100	100
Aspergillus nidulans	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus niger	10 000	16 000	100	90	100	-	-	200	150	500	-	200
Aspergillus ochraceus	100	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium cyclopium	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
Penicillium funiculosum	100	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mycélium stérile (blanc)	-	-	-	-	-	-	traces	-	-	-	-	-

Tableau III. — Variations de la pollution fongique au cours du traitement des arachides et de la préparation des pellets. Nombre de germes par gramme. 1 : amandes décortiquées avant l'entrée du chauffoir. 2 : amandes décortiquées à la sortie du chauffoir. 3 : expellers à la sortie des presses d'extraction. 4 : grumeaux déshuilés à la sortie du toaster. 5 : farine prélevée au niveau des broyeurs à marteaux. 6 : pellets à la sortie des presses. — A et B : repères des deux usines dans lesquelles ont été faits les prélèvements.

Source : MNHN, Paris

protéines. Après séchage, une partie de l'huile est extraite par pression; les expellers qui restent sont ensuite épuisés par solvant, habituellement l'hexane, afin de retirer les 10% d'huile qu'ils contiennent encore. Les tourteaux sont alors chauffés à 100-105°C pour être décarburés. Leur broyage par broyeurs à marteaux permet l'obtention d'une farine. Celle-ci, après humidification et réchauffage, est agglomérée dans une presse qui donne des pellets livrés tels quels au commerce.

Des échantillons ont été prélevés en divers points de cette chaîne de traitement dans deux usines de même conception. Les résultats des analyses par dilution sont rapportés au tableau III.

Les deux lots d'amandes avant l'entrée au chauffoir sont très pollués, sensiblement par les mêmes espèces, l'*Aspergillus flavus* et l'*Aspergillus niger* étant nettement les espèces dominantes.

La température élevée du séchoir suffit à abaisser remarquablement la pollution; la plupart des espèces semblent inhibées, seules subsistent les *Aspergillus flavus, A. niger* et *A. fumigatus* mais en quantité 100 fois moindre qu'avant l'entrée du chauffoir.

Le tableau IV relatif au pourcentage d'amandes et de coques polluées est peut-être plus représentatif de la réalité : si le nombre de germes a considérablement diminué, le pourcentage d'amandes et surtout de coques infectées demeure encore élevé.

Les expellers sont peu pollués. Après extraction de l'huile par les solvants, les «grumeaux» sortent du toaster à une température de l'ordre de 90 à 95°C.

Tableau IV. — Influence du chauffoir sur la pollution fongique des amandes décortiquées et des coques. Pourcentage d'amandes et de coques contaminées par les divers espèces recensées à l'entrée et à la sortie du chauffoir dans les deux usines A et B.

Prélèvements / Champignons	amandes				coques			
	entrée		sortie		entrée		sortie	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Mucor mucedo	-	6	-	-	-	-	-	-
Rhizopus stolonifer	-	28	10	10	100	35	20	5
Aspergillus candidus	13	-	15	-	15	-	20	-
Aspergillus flavus	100	70	85	55	100	100	100	60
Aspergillus nidulans	-	-	-	-	30	-	-	-
Aspergillus niger	100	60	80	25	100	90	60	20
Aspergillus ochraceus	10	-	10	-	10	-	10	-
Penicillium funiculosum	6	-	-	-	10	-	10	-
Alternaria consortiale	15	6	-	-	-	35	-	-

Source : MNHN, Paris

Dans les prélèvements d'une des usines de traitement, ils sont totalement stériles à l'égard des moisissures; dans l'autre, la pollution est un peu plus élevée que celle des expellers, vraisemblablement à la suite d'une recontamination extérieure au moment du refroidissement.

Pour parvenir au niveau du broyeur à marteaux, les tourteaux subissent (dans l'une des usines) un transport sur un tapis au cours duquel ils se refroidissent et reçoivent quelques contaminations extérieures.

La pelletisation proprement dite, qui nécessite un apport d'eau et est réalisée à une température de 80°C environ, contribue à faire régresser la pollution par rapport au stade précédent.

B. STOCKAGE DES PELLETS

Les pellets, très peu pollués au moment de leur fabrication, sont stockés. Nous avons reçu des échantillons stockés sur place, sur le lieu de production, pendant 2 mois et prélevés à diverses profondeurs dans les fosses de stockage; il en résulte des teneurs en eau variant de 8,5 à 18% d'eau. Leur analyse mycologique (tableau V) montre que leur pollution est d'autant plus importante que la teneur en eau est plus élevée : tandis que la pollution totale du tourteau

Tableau V. — Influence de la teneur en eau des tourteaux sur leur pollution fongique après 2 mois de stockage. Nombre de germes par gramme.

teneur en eau / Champignons	sortie des presses	après 2 mois de stockage					
	4,2%	8,5%	9%	9%	11,5%	12%	18%
Mucor circinelloides	-	-	-	100	50	-	-
Rhizopus stolonifer	-	-	-	-	-	1 000	-
Aspergillus flavus	100	400	200	200	4 000	3 000	7 000
Aspergillus fumigatus	100	800	900	1 100	1 000	-	-
Aspergillus gr.*glaucus*	-	400	800	2 100	-	2 000	68 000
Aspergillus nidulans	-	1 200	1 000	100	10 000	10 000	30 000
Aspergillus niger	20	400	400	300	100	2 000	2 000
Aspergillus ochraceus	-	-	-	-	-	-	17 000
Penicillium funiculosum	-	-	-	-	3 000	12 000	-
Penicillium sp.	-	-	-	-	1 000	3 000	10 000
Paecilomyces niveus	-	100	100	200	-	-	-
Paecilomyces variotii	-	-	-	-	-	1 000	5 000
Tritirachium roseum	-	-	-	-	-	-	4 000
Cladosporium cladosporioides	-	100	-	100	1 000	1 000	-
Sclerotium rolfsii	-	-	-	-	100	-	-

Source : MNHN, Paris

à la sortie des presses (teneur en eau : 4,2%) est de 400 germes fongiques/gramme, après stockage, le même tourteau à 8,5% d'eau a une pollution de 3400 germes/gramme, à 12% d'eau 35000 germes/gramme et à 18% d'eau 143000 germes/gramme! (Remarque : des teneurs en eau si élevées sont exceptionnelles; dans le cas présent, le produit a été en contact avec une atmosphère particulièrement humide).

C. PRODUITS DÉRIVÉS

Nous avons pu évaluer la pollution de quelques produits dérivés de fabrication des tourteaux; le son d'arachide, tel ou en pellets, et la farine «fine fleur». Les résultats des analyses mycologiques sont rapportés au tableau VI.

Le son est très pollué mais sa pelletisation entraîne une régression considérable du nombre de moisissures (la pollution totale passe de plus de 250000

Tableau VI. — Pollution fongique de produits dérivés de la fabrication des tourteaux. Nombre de germes par gramme. 7 : son d'arachide. 8 : pellets de son. 9 : farine «fine fleur». Prélèvement dans deux usines : A et B.

Prélèvements / Champignons	7		8	9	
	A	B	A	A	B
Mucor mucedo	200	-	-	-	-
Rhizopus stolonifer	500	800	-	1 000	-
Melanospora sp.	-	-	-	50	-
Aspergillus candidus	-	-	-	1 000	-
Aspergillus clavatus	-	100	-	-	-
Aspergillus flavus	112 000	78 000	200	55 000	1 000
Aspergillus fumigatus	1 000	1 000	-	5 000	-
Aspergillus nidulans	2 000	-	-	100	-
Aspergillus niger	120 000	120 000	600	20 000	800
Aspergillus ochraceus	3 000	-	-	1 000	-
Aspergillus repens	15 000	3 000	-	-	-
Penicillium sp.	-	-	-	2 000	-
Cladosporium cladosporioides	-	600	-	500	200
mycélium blanc stérile	-	-	-	-	50

Source : MNHN, Paris

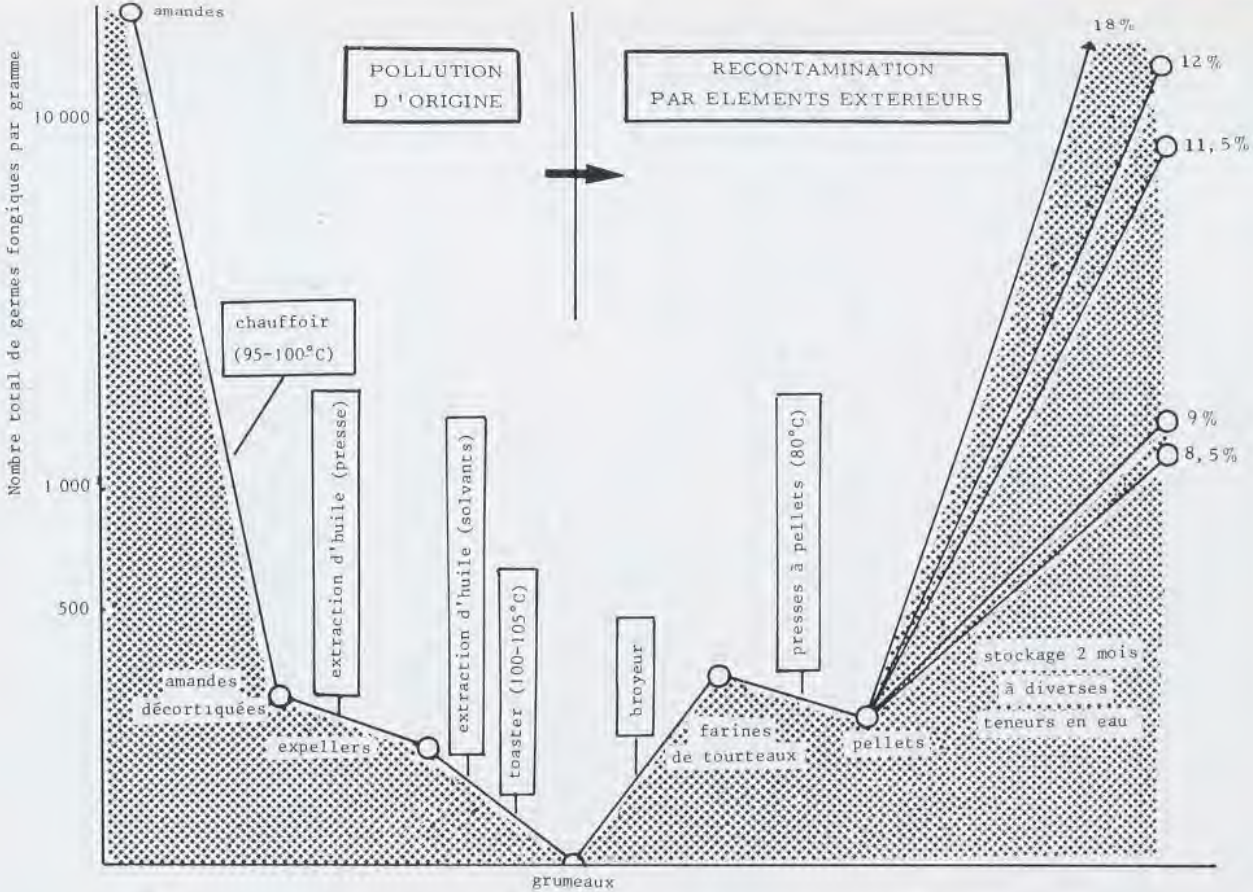


Fig. 2. – Schéma de l'évolution de la mycoflore totale des arachides et de leurs tourteaux.

Source : MNHN, Paris

germes/gramme à 800 germes/gramme; deux espèces seulement, les *Aspergillus flavus* et *A. niger* sont présentes au lieu de dix à l'origine).

La farine fine fleur analysée (prélèvement n° 9) dérive des échantillons de farine n° 5 (tableau III); c'est un violent courant d'air provenant d'une salle voisine qui permet de la séparer. Or on constate que, surtout dans l'usine A, la farine fine fleur est beaucoup plus polluée que la farine dont elle dérive. Il y a donc contamination par le courant d'air; renseignement pris, celui-ci provenait d'une salle où étaient entreposées des denrées moisies; remède a donc pu aisément être apporté à cette anomalie.

D. DISCUSSION

Tout au long des chaînes de fabrication, on note une évolution de la mycoflore qui peut être schématisée tel qu'il est représenté sur la figure 2.

Au départ, les amandes présentent une pollution élevée. Cette pollution diminue très nettement à chaque fois que le produit est chauffé (chauffoir, toaster, presses à pellets).

Cependant, des recontaminations interviennent dès que le refroidissement a lieu à l'aide d'un apport d'air extérieur pollué. C'est en particulier le cas des pellets et celui de la farine fine fleur.

La recontamination est surtout désastreuse au niveau du stockage des pellets, lorsque ceux-ci sont humidifiés accidentellement.

IV. ANALYSE MYCOLOGIQUE DE TOURTEAUX D'ARACHIDE UTILISÉS EN ALIMENTATION ANIMALE

Parmi les analyses de tourteaux prélevés en France chez des éleveurs, nous avons choisi deux exemples caractéristiques (tableau VII). Il s'agit de tourteaux qui présentent une assez faible quantité d'*Aspergillus flavus* mais pour lesquels une autre espèce fongique s'est particulièrement développée :

– dans le premier cas, originaire du Morbihan, on note surtout une pollution par un *Aspergillus* du groupe *glaucus*; nous avions déjà constaté un tel développement sur des tourteaux très humides stockés sur les lieux mêmes de leur production; nous retrouvons ici l'influence de la pelletisation que nous avions déjà signalée auparavant (ABILY et al., 1974) : une réduction des compétitions et peut-être aussi une levée de dormance des ascospores liée à la chaleur humide réalisée lors de cette opération semblent favoriser cette espèce;

– dans le deuxième cas, provenant des Deux-Sèvres, dans un tourteau stocké depuis un an à la ferme, on constate une prolifération considérable du *Mucor racemosus*; il en résulte une prise en masse du tourteau; certains accidents, ayant entraîné des mortalités chez des veaux, sont peut-être liés à cette Mucorale.

Source : MNHN, Paris

Tableau VII. — Pollution fongique de tourteaux d'arachide utilisés en alimentation animale. Nombre de germes par gramme. Prélèvements effectués chez des éleveurs : A. Morbihan, B. Deux-Sèvres.

Prélèvements / Champignons	A	B
Absidia corymbifera	130	1 300
Mucor hiemalis	30	-
Mucor mucedo	-	58 000
Aspergillus candidus	60	-
Aspergillus flavus	100	130
Aspergillus fumigatus	-	200
Aspergillus gr. *glaucus*	1 900	traces
Aspergillus niger	30	-
Penicillium sp.	400	-
Cladosporium cladosporioides	170	-

V. ARACHIDES ET AFLATOXINES

Le principal obstacle à l'utilisation des tourteaux d'arachide dans l'alimentation réside dans leur contamination par les aflatoxines, mycotoxines provoquant des désordres hépatiques, élaborées par l'*Aspergillus flavus* qui pollue (les analyses précédentes le confirment) abondamment les graines d'arachide et les tourteaux (cf. MOREAU, 1974).

A. POUVOIR TOXINOGENE DE L'ASPERGILLUS FLAVUS

Toutes les souches d'*A. flavus* ne sont pas également toxinogènes.

C'est ainsi que parmi les 6 lots de gousses récoltées en 1970 dont l'analyse mycologique est rapportée plus haut, seul le lot n° 6 était réputé avoir une teneur en aflatoxines de 1 mg/kg, les autres lots étant déclarés exempts d'aflatoxines.

Comme l'ont déjà constaté BARNES et YOUNG (1971), il n'y a pas forcément corrélation entre la quantité d'*A. flavus* décelée sur des arachides et leur

Source : MNHN, Paris

Tableau VIII. — Pollution fongique de divers échantillons examinés lors des essais de détoxification.

Essais	A		B			C		D				E		
Echantillons / Champignons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Absidia corymbifera	-	-	-	-	-	1 000	-	-	-	traces	-	300	30	-
Mucor circinelloides	-	200	500	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-
Mucor mucedo	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mucor racemosus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-
Rhizopus stolonifer	100	100	-	-	-	-	-	30	traces	traces	-	-	30	-
Aspergillus candidus	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus flavus	43 000	7 000	1 000	900	700	3 300	-	130	100	70	-	30	-	-
Aspergillus fumigatus	1 000	-	-	-	100	-	-	30	30	-	-	-	-	-
Aspergillus gr.glaucus	1 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	130
Aspergillus nidulans	2 000	200	-	-	-	82 000	100	-	-	30	-	-	-	-
Aspergillus niger	41 000	6 000	500	600	500	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Aspergillus ochraceus	1 000	200	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium chrysogenum	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium citrinum	-	1 000	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Penicillium funiculosum	200	200	1 000	150	200	1 000	500	-	30	30	30	-	-	-
Paecilomyces varioti	100	-	-	-	-	-	50	traces	30	30	30	-	-	-
Scopulariopsis brevicaulis	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alternaria consortiale	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source : MNHN, Paris

Tableau VIII

Essai A	1. Arachides broyées, dégraissées à l'hexane (aflatoxine B_1 : 130μg/kg)
	2. Tourteau traité au solvant acétone/hexane/eau (aflatoxine B_1 : 370μg/kg)
Essai B	3. Tourteau témoin (aflatoxine B_1 : 240μg/kg)
	4. Tourteau 3 traité à l'ammoniac (2 bars, 15mn, 7% eau) (aflatoxine B_1 : 20μg/kg
	5. Tourteau 3 traité à l'ammoniac (3 bars, 30mn, 15% eau) (aflatoxine B_1 : néant)
Essai C	6. Tourteau témoin (aflatoxine B_1 : 140μg/kg)
	7. Tourteau 6 traité à l'ammoniac (2 bars, 15mn) à l'échelle semi-industrielle (aflatoxine B_1 : 20 à 30μg/kg)
Essai D	8. Tourteau témoin (aflatoxine B_1 : 1mg/kg)
	9. Tourteau 8 traité à l'ammoniac (traitement doux : 1 bar)
	10. Tourteau 8 traité à l'ammoniac (traitement moyen : 2 bars)
	11. Tourteau 8 traité à l'ammoniac (traitement fort : 3 bars)
Essai E	12. Tourteau témoin.
	13. Tourteau 12 traité à l'ammoniac (traitement moyen)
	14. Tourteau 12 traité à l'ammoniac (traitement fort)

teneur en aflatoxines.

D'autre part, le pouvoir toxinogène des divers isolats est fort variable. C'est ainsi que des souches isolées des lots précédemment analysés ont été cultivées sur milieu de Brian, complémenté en asparagine et la production d'aflatoxine B_1 a été controlée (1) :

lot n° 1 : 84 μg/l	lot n° 4 : 12 μg/l
lot n° 2 : 22 μg/l	lot n° 5 : 24 μg/l
lot n° 3 : 1950 μg/l	lot n° 6 : 7,6 μg/l

On constate que l'isolat n° 3 est celui qui produit le plus d'aflatoxine; mais nous avons observé que, dans ce lot, si la coque des gousses est contaminée par l'*A. flavus*, les graines sont encore intactes. Ainsi peut s'expliquer le fait que le lot n° 3 ait été déclaré indemne d'aflatoxines.

B. INFLUENCE D'UNE DÉTOXIFICATION DES TOURTEAUX SUR LEUR POLLUTION FONGIQUE (2)

Faute de pouvoir limiter efficacement le développement de l'*Aspergillus flavus* sur les graines d'arachide et les tourteaux, on a recherché divers moyens d'élimination ou de transformation des aflatoxines; les uns font appel à des solvants qui permettent une extraction de la toxine; les autres visent à transformer la molécule en un dérivé moins toxique; c'est le but recherché par des traitements à l'ammoniac.

Le mode opératoire retenu, faisant intervenir de l'ammoniac sous pression, a été décrit par PREVOT (1975).

(1) Résultats obtenus par le Dr P. LAFONT, du Laboratoire de Toxicologie alimentaire de l'INSERM.

(2) Étude réalisée dans le cadre d'une action concertée du groupe de travail «Aflatoxines», Comité de technologie alimentaire et agricole, D.G.R.S.T. (Convention 72.702.75).

Source : MNHN, Paris

Il nous avait été demandé de contrôler les répercussions de ces essais de traitement sur la pollution fongique des produits.

Les résultats des analyses mycologiques réalisées au cours de 5 séries d'essais figurent au tableau VIII.

La première série d'essais (A) permet de comparer des arachides broyées dégraissées à l'hexane et un tourteau traité par un mélange ternaire acétone/hexane/eau. La pollution des premières est très élevée (avec notamment 43000 germes/gramme d'*Aspergillus flavus* et 41000 germes/gramme d'*A. niger*); celle des tourteaux l'est bien moins mais est encore importante (7000 germes/gramme d'*A. flavus* et 6000 germes/gramme d'*A. niger*).

La deuxième série (B) est un essai de laboratoire de traitement d'un tourteau témoin (n° 3) par l'ammoniac sous pression de 2 bars pendant 15 minutes (n° 4) ou de 3 bars pendant 30 minutes (n° 5). Parallèlement à une diminution de la teneur en aflatoxine, on assiste à une régression de la pollution fongique.

La troisième série (C) est une répétition partielle de la seconde à l'échelle semi-industrielle. Le témoin (n° 6) est caractérisé par une grande abondance de l'*Aspergillus nidulans*. Le traitement par ammoniation est, dans cet essai, remarquablement efficace pour détruire les moisissures, notamment l'*A. flavus*.

Dans la quatrième série d'essais (D), des échantillons traités par l'ammoniac selon 3 pressions différentes ont été préparés industriellement à partir d'un tourteau témoin (n° 8). Bien que l'échantillon témoin soit relativement peu pollué (130 germes/gramme d'*A. flavus*), on constate une légère diminution de la pollution par le traitement «doux» (100 germes/gramme d'*A. flavus*), une diminution plus marquée par le traitement «moyen» (70 germes/gramme d'*A. flavus*) pour aboutir à une pollution extrêmement faible (avec destruction totale de l'*A. flavus*) par le traitement «fort».

L'ammoniation conduit donc à une réduction de la pollution fongique. L'*Aspergillus flavus* et les Mucorales paraissent les plus sensibles au traitement; le *Paecilomyces variotii* et le *Penicillium funiculosum* y semblent plus résistants.

Confirmation de ces faits a été donnée par une dernière série d'essais (E); l'*A. flavus* qui contaminait faiblement le témoin disparaît totalement dans les échantillons traités; la diminution du nombre des Mucorales est très nette après un traitement «moyen»; leur inhibition est totale après un traitement «fort». Un *Aspergillus* du groupe *glaucus* qui n'avait pas été mis en évidence dans l'échantillon témoin s'est développé dans le tourteau traité, présentant une certaine résistance à l'ammoniac et profitant de l'absence de concurrence pour prendre de l'extension.

Ainsi qu'il avait été montré antérieurement (DOLLEAR et GARDNER, 1966; GARDNER et al., 1971; FULLER et al., 1971; McKINNEY et al., 1973) un traitement par l'ammoniac se révèle intéressant pour la détoxification des tourteaux; l'aflatoxine B_1 est transformée en composés moins toxiques tels que l'aflatoxine D_1 (STANLEY et al., 1975); mais ce traitement offre en outre l'avantage de réduire la pollution fongique. HESSELTINE (1972) l'avait d'ail-

Source : MNHN, Paris

leurs récemment constaté lors d'un traitement de grains de maïs; LE GOFF (1974) a mis en évidence l'activité fongicide de l'ammoniac gazeux à l'égard de nombreuses espèces fongiques; SCHIPPERS et PALM (1973) l'ont confirmé dans le cas de l'*Aspergillus flavus*.

CONCLUSIONS

1. Les gousses d'arachide sont déjà contaminées par les champignons, et notamment l'*Aspergillus flavus*, dès la culture. Lorsque les amandes parviennent aux usines d'extraction d'huile et fabrication des tourteaux, elles sont très fortement polluées par les moisissures.

Les divers traitements qu'elles subissent, essentiellement grâce à la chaleur qu'ils apportent, tuent pratiquement la totalité des espèces fongiques de sorte qu'à un moment donné de leur fabrication les tourteaux sont à peu près stériles (à l'égard des champignons).

Mais très rapidement on assiste à une recontamination liée à l'atmosphère de refroidissement des pellets et à leurs conditions de stockage.

2. Si la chaleur inhibe le développement des moisissures, elle est insuffisante pour détruire les aflatoxines élaborées par l'*A. flavus*. On a alors recours à un traitement chimique des tourteaux. Un traitement par l'ammoniac semble donner à cet égard des résultats prometteurs et offre en outre l'avantage d'être fongistatique, voire même fongicide à certaines concentrations.

3. Les techniques de préparation des tourteaux d'une part, le procédé de détoxification par ammoniation d'autre part, convergent donc pour l'obtention de tourteaux pratiquement exempts de moisissures et d'aflatoxines. Mais ces pratiques sont vaines si, en même temps, on n'évite pas une recontamination ultérieure des tourteaux et, au cours des stockages, une prolifération des moisissures, sources nouvelles de mycotoxines; des mesures d'hygiène appropriées doivent être prises pour que les tourteaux livrés sur le marché de l'alimentation animale soient de bonne qualité, garantis détoxifiés et indemnes de contaminations postérieures à leur préparation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Références citées

ABILY B., MOREAU C. & BOUGON M., 1974 – Analyse mycologique d'un aliment pour volailles et de ses composants; influence de la mise en pellets sur la mycoflore. *Bull. inf. Stat. expér. aviculture Ploufragan*, 14 : 77-85.

Source : MNHN, Paris

BARNES G. L. & YOUNG H. C., 1971 – Relationship of harvesting methods and laboratory drying procedures to fungal populations and aflatoxins in peanuts in Oklahoma. *Phytopathology* 61 : 1180-1184.

DOLLEAR F. G. & GARDNER H. K., 1966 – Inactivation and removal of aflatoxin. *Proc. IVth Nation. Peanut Res. Conf. Tifton, Ga,* 72-81.

FULLER G., WALKER H. G., MOTTOLA A. C., ZUZMICKY D. D., KOHLER G. O. & VOHRA P., 1971 – Potential for detoxified castor meal. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 48 : 616-618.

GARDNER H. K., KOLTUN S. P. & VIX H. K. E., 1971 – Solvent extraction of aflatoxin in peanut and cottonseed meals by ammoniation. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 48 : 70-73.

HESSELTINE C. N., 1972 – Recent research for the control of mycotoxins in cereal. *I.U.P.A.C. Control of Mycotoxins* , p. 251-257, Goteborg.

LE GOFF A., 1974 – Rapport de stage-Maîtrise de Sciences et Techniques «Biologie appliquée aux industries agro-alimentaires», Brest.

Mc KINNEY J. D., VAVANAGH G. C., BELL J. T., HOVERSLAND A. S., NELSON D. M., PEARSON J. & SELKIRK R. J., 1973 – Effects of ammoniation on aflatoxin in rations fed lactating cows. *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* 50 : 79-84.

MOREAU C., 1974 – Moisissures toxiques dans l'alimentation, 471 p., Masson, Paris.

MOREAU C., MOREAU M. & PELHATE J., 1964 – Choix de milieux de cultures sélectifs pour l'analyse des mycoflores osmophiles. *Bull. Soc. Mycol. Fr.* 80, fasc. 2 : 865-868.

PREVOT A., 1975 – Évolution et méthodes d'élimination des aflatoxines dans les produits oléagineux (huiles et tourteaux). Colloque INSERM, n° 46, p. 103-117, Lille.

SCHENK R. U., 1961 – Development of the peanut fruit. *Univ. Georgia Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* N. S., n° 22, 53 p.

SCHIPPERS B. & PALM L. C., 1973 – Ammonia, a fungistatic volatile in chitin-emended soil. *Neth. J. Pl. Pathol.* 79 : 279-281.

STANLEY J. B., LEE L. S., CUCULLU A. F. & DE GRUY I. V., 1975 – Ammoniation of aflatoxin B_1. Mass spectral analysis of compounds separated by microsublimation. *J. Agric. Food Chem.* 23 : 447-449.

SUBRAHMANYAM P. & RAO A. S., 1974 – Occurence of aflatoxin and citrinin in groundnuts (*Arachis hypogea* L.) at harvest in relation to pod condition and kernel moisture content. *Curr. Sci.* 43 : 707-710.

2. Principales publications sur les champignons de l'arachide

ABDALLA M. H., 1974 – Mycoflora of groundnut kernels from the Sudan. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 63 : 353-359.

BARNES G. L., 1971 – Mycoflora of developing peanut pods in Oklahoma. *Mycopath. Mycol. Appl.* 45 : 85-92.

BORUT S. Y. & JOFFE A. Z., 1966 – *Aspergillus flavus* Link and other fungi associated with stored groundnuts kernels in Israel. *Israel J. Bot.* 15 : 112-120.

DIENER U. L., 1957 – Qualitative and quantitative determination in stored peanut seed. *J. Alabama Acad. Sci.* 29 : 77-78.

DIENER U. L., 1958 – The mycoflora of stored peanuts. *J. Alabama Acad. Sci.* 30 : 5-6.

DIENER U. L., 1960 – The mycoflora of peanuts in storage. *Phytopathology* 50 : 220-223.

EVANS M. M. & POOLE R. F., 1939 – Some parasitic fungi harbored by peanut seed stocks. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 43 : 190.

Source : MNHN, Paris

GARREN K.H. & HIGGINS B.B., 1947 – Fungi associated with runner peanut seeds and their relation to concealed damage. *Phytopathology* 37 : 512-522.

GARREN K.H., HIGGINS B.B. & FUTRAL J.G., 1947 – Blue black discoloration of Spanish peanuts. *Phytopathology* 37 : 669-679.

GEMEINHARDT H. & KRUG, 1973 – Zur Mykoflora und zum Aflatoxin B_1-Gehalt von Erdnussproben. *Dermatol. Monschr.* 159 : 374-375.

HANLIN R.T., 1969 – Fungi in developing peanut fruits. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 38 : 93-100.

HANLIN R.T., 1970 – Invasion of peanut fruits by *Aspergillus flavus* and other fungi. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 40 : 341-348.

HANLIN R.T., 1973 – The distribution of peanut fungi in the southeastern United States. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 49 : 277-241.

HEIBERG B.C. & RAMSEY G.B., 1953 – Fungi associated with diseases of peanuts on the market. *Phytopathology* 43 : 474.

JACKSON C.R., 1964 – Location of fungal contamination or infection in peanut kernels from intact pods. *Plant Dis. Reptr.* 48 : 980-983.

JACKSON C.R., 1965 – A list of fungi reported on peanuts pods and kernels. *U. Georgia Coastal Plain Exp. Sta. N.S.*, n° 234, 6 p.

JACKSON C.R. & BELL D.L., 1969 – Diseases of peanut (groundnut) caused by fungi. *U. Georgia, Coll. Afric. Exper. Stns*, bull. 56, 137 p.

JOFFE A.Z., 1969 – The mycoflora of groundnut rhizosphere, soil and geocarposphere on light medium and heavy soils and its relations to *Aspergillus flavus*. *Mycopathol. Mycol Appl.* 37 : 150-160.

JOFFE A.Z., 1969 – Relationships between *Aspergillus flavus*, *A. niger* and other fungi in the mycoflora of groundnut kernels. *Pl. Soil.* 31 : 57-64.

JOFFE A.Z., 1969 – The mycoflora of fresh and stored groundnut kernels in Israel. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 39 : 255-264.

JOFFE A.Z. & BORUT S.Y., 1966 – Soil and kernel mycoflora of groundnut fields in Israel. *Mycologia* 58 : 629-640.

KRANZ J. & PUCCI E., 1963 – Studies on soil borne rots of groundnuts (*Arachis hypogaea*) *Phytopathol. Z.* 47 : 101-112.

McDONALD D., 1968 – Fungi associated with the fruit of *Arachis hypogaea* L. *Ph. D. Thesis, Ahmadu Bella Univ., Zaria.*

McDONALD, 1969 – Groundnut pod diseases. *Rev. Appl. Mycol.* 48 : 465-474.

McDONALD D., 1970 – Fungal infection of groundnut fruit before harvest. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 54 : 453-460.

McDONALD D., 1970 – Fungal infection of groundnut fruit after maturity and during drys. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 54 : 461-472.

NORTON D.C., MENON S.K. & FLANGAS A.L., 1967 – Fungi associated with unblemished spanish peanuts in Texas. *Plant. Dis. Reptr.* 40 : 374-376.

PRINCE A.E., 1945 – Fungi isolated from peanuts collected in South Carolina in 1944. *Plant Dis. Reptr.* 29 : 367-368.

RAO A.S., 1962 – Fungal populations in the rhizosphere of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant soil.* 17 : 260-266.

WILSON C., 1947 – Concealed damage of peanuts in Alabama. *Phytopathology* 37 : 657-668.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

RECHERCHES PRÉLIMINAIRES SUR LA GERMINATION DES SPORES DE DISCOMYCETES

par L.-M. MELENDEZ-HOWELL *

RÉSUMÉ. — L'utilisation de méthodes de détection et d'analyse de la structure porique, complétées par des recherches sur la germination ascosporale et des études au microscope électronique à transmission nous ont permis de déceler la présence de structures germinatives chez certaines spores de Discomycètes. Les « apicules » sensu Le Gal peuvent coexister ou non avec les structures germinatives.

SUMMARY. — Useful methods of detection and analysis of the pore structure have been completed by investigations on ascosporal germination and TEM studies. They have enabled us to assert the presence of germinative structures in some spores of various species among the Discomycetes. The «apicula» or «apicular mater» sensu Le Gal may coexist or not with the germination structures.

Nous devons aux frères TULASNE (1862) les premières observations : ils ont pressenti l'existence d'un pore germinatif chez les spores de Truffes. LE GAL (1947) n'apporte pas de précisions à ce propos, bien que certains de ses dessins suggèrent la présence de telles structures (*l. c.*, Fig. 30, N, p. 155), notamment lorsqu'elle décrit minutieusement l'ornementation apiculaire des extrémités de certaines ascospores. P. BERTHET (1964) s'est penché sur l'étude de la germination d'un grand nombre d'ascospores de Discomycètes et signale parfois des localisations préférentielles pour la sortie du tube germinatif; enfin nous-même, seule (1970) ou en collaboration avec R. CAILLEUX (1971), nous sommes préoccupée de telles recherches à différentes reprises.

* Laboratoire de Cryptogamie du M.N.H.N.. — L. A. n° 257 (C.N.R.S.), 12, rue de Buffon, 75005 Paris.

REVUE DE MYCOLOGIE, TOME 40 (1976).

Source : MNHN, Paris

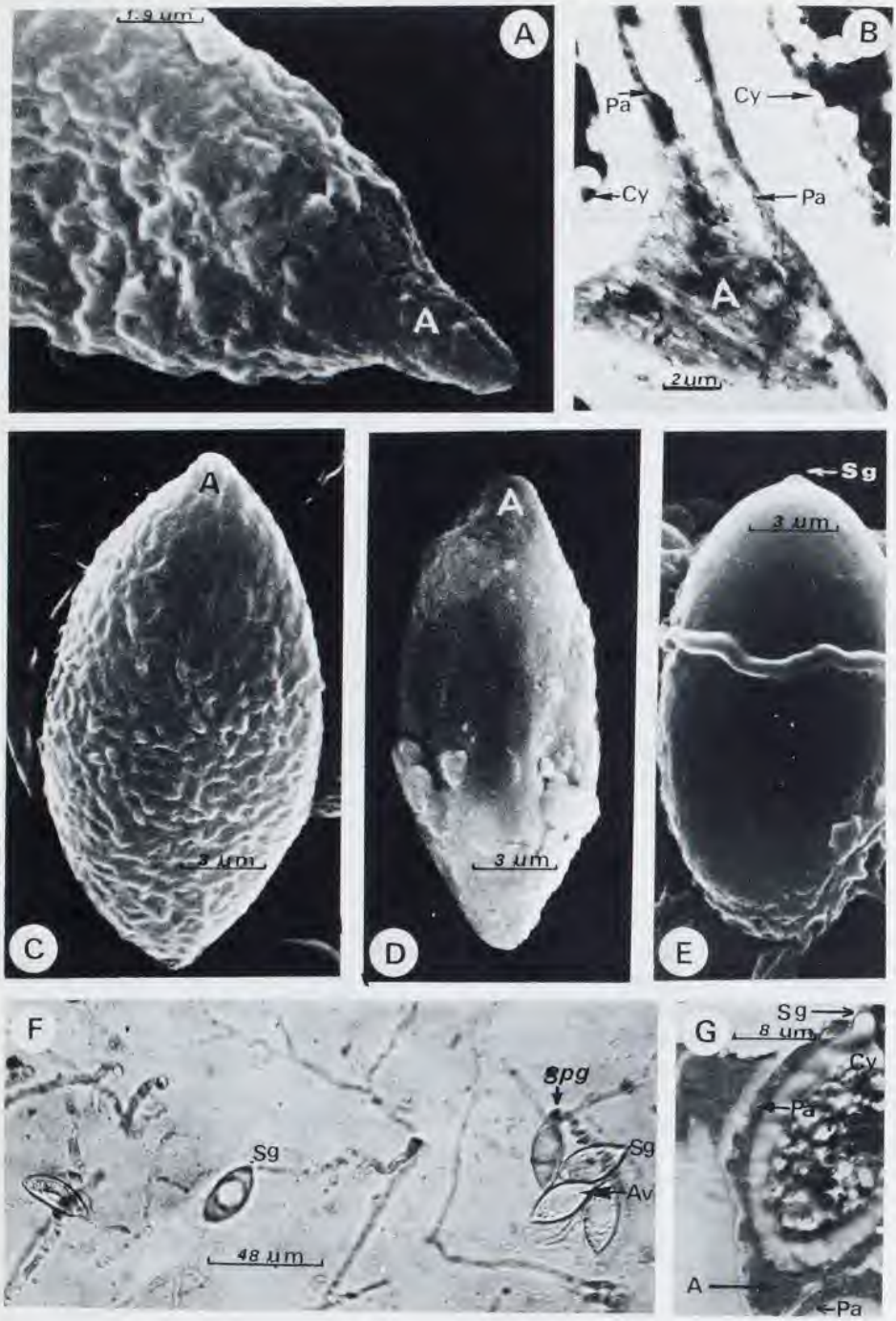


Planche I.

Source : MNHN, Paris

La plupart du matériel vivant nous a été procuré par P. BORDES (Société Mycologique de la Haute Loire); certains échantillons nous ont été apportés par P. JOLY et R. CAILLEUX (Région parisienne et Italie); enfin, nous en avons nous-même récolté lors d'excursions dans la Région parisienne. Nous obtenons les germinations sur maltéa à 1 ou 2% gélosé.

La détection des structures germinatives (1) se montre difficile chez les Discomycètes et l'on mentionne rarement de façon explicite leur existence ou leur absence dans les descriptions spécifiques ou génériques. Dans bien des cas, c'est lors de la germination qu'on peut déceler la présence et l'emplacement d'une structure germinative. Toutefois, si la germination est souvent assez aisée à obtenir chez les Basidiomycètes et les Pyrénomycètes, il n'en est pas de même chez les Discomycètes. Dans nos conditions expérimentales, le taux de germination, chez *Gyromitra gigas* (Krombh.) Cooke par exemple, demeure faible. Plus qu'ailleurs, l'ornementation et, peut-être, la pigmentation des spores masquent les structures germinatives et rendent plus délicate leur interprétation (Pl. I, fig. C, D et F). Nos observations sur les spores de Discomycètes prêtes à germer ou en germination, effectuées au microscope photonique et au microscope électronique à balayage ont évoqué nos recherches sur le comportement des spores de Pyrénomycètes.

Lors de l'étude de la paroi sporale chez des ascospores de Discomycètes, M. LE GAL utilisait déjà, parmi d'autres agents chimiques, l'hypochlorite de sodium (*l. c.*, p. 160, par exemple) bien que son but n'ait pas été particulièrement la recherche des structures germinatives. Elle en arrivait même à détacher - de façon mécanique - des «apicules», sortes de calottes des sommets sporaux (*l. c.*, p. 155-156, par exemple).

Un décapage progressif (hypochlorite de sodium) nous avait permis de découvrir un pore germinatif masqué par la calotte ornementale des spores d'*Apiosordaria verruculosa* (Jansen) v. Arx et Gams et par le «bouclier» des *Podospora* Ces. (1970). La même méthode, appliquée aujourd'hui à des ascospores de Discomycètes (souvent aux espèces étudiées par M. LE GAL) nous a fait déceler des structures germinatives plus ou moins dissimulées sous les extrémités de

(1) Structures qui préexistent à la germination et à travers lesquelles celle-ci a lieu.

Planche I.

Fig. A, C et D : apicule ou matière apiculaire («A») des extrémités sporales chez *Discina perlata* Fr. (fig. A) et chez *Gyromitra gigas* (Krombh.) Cooke (fig. C et D). Remarquer le décapage sporal au niveau de l'apicule (fig. D) : la microscopie électronique à transmission peut révéler, à ce niveau, la structure germinative (dans ce cas, amincissement pariétal) : comparer avec les fig. F (*G. gigas*) et G (*D. perlata*). — Fig. B : Coupe de l'apicule («A»). Remarquer la texture de la matière apiculaire. *D. perlata*. Inclusion dans la résine par la méthode de Spurr; test de Thiéry. — Fig. E : Débuts de germination chez *Otidea onotica* Pers. — Fig. F : Structures germinatives et germination des spores chez le *G. gigas*. Remarquer en «Av.» l'afflux cytoplasmique. Coloration métachromatique au bleu de toluidine ammoniacal acétylé. — Fig. G : Coupe de la spore de *D. perlata*. Remarquer, dans ce cas, la structure germinative (plus ou moins recouverte de matière apiculaire) opposée à un apicule. Inclusion : méthode de Spurr et observation directe.

Source : MNHN, Paris

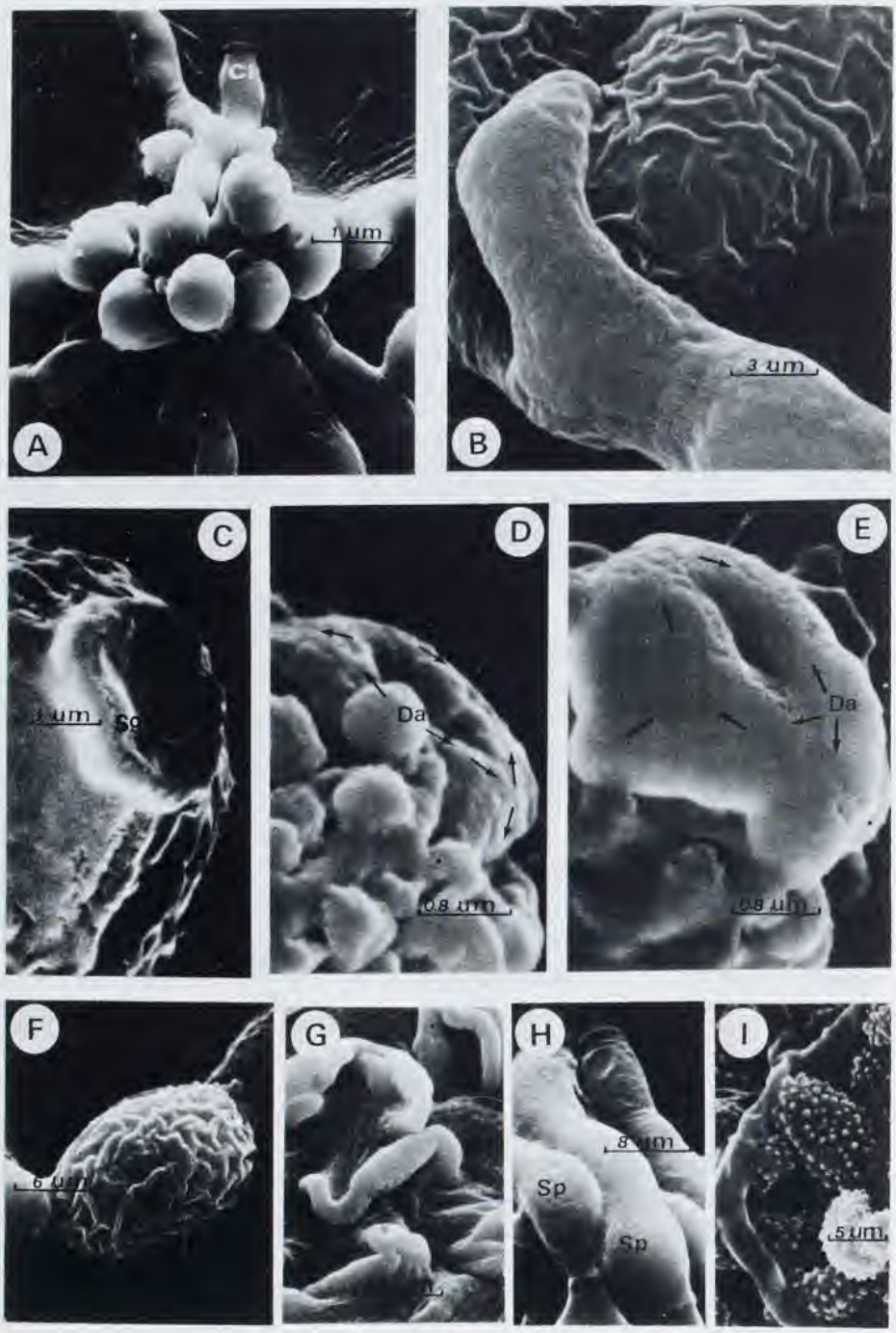


Planche II.

Source : MNHN, Paris

certaines ascospores. Outre le test de la germination, lorsqu'il est possible, la coupe de l'ascospore au microscope électronique à transmission en révèle l'existence. Malgré des ornementations apiculaires plus longues, les extrémités de l'ascospore de *Discina perlata* Fr., se montrent être d'une nature comparable à celles du *G. gigas* (Pl. I, fig. A, B, C, D et surtout F et G).

Les «apicules» sensu LE GAL (1947) peuvent coexister ou non avec les structures germinatives. Dans bien des cas, celles-ci peuvent être unipolaires ou bipolaires. Dans la Pl. I, fig. B, nous pouvons observer la nature de l'ornementation apiculaire chez *D. perlata* et, sur la fig. G de la même planche, la présence de la structure germinative opposée à l'apicule. Dans ce cas, la structure germinative, plus ou moins recouverte par l'apicule correspond à un amincissement de la paroi sporale à ce niveau. *Discina leucoxantha* Bres., *Aleuria umbrina* Boud. et *Galactinia badia* (Fr. ex Pers.) Boud., révèlent des structures germinatives semblables (Pl. II, fig. C, D et E), mises à nu par le décapage (Pl. II, fig. C). Chez ces trois espèces, la matière apiculaire n'édifie pas un «apicule», mais un anneau profond ou superficiel allant parfois jusqu'à constituer une simple calotte sur le sommet de la spore. Par la nature de l'ornementation, y compris aux niveaux des structures germinatives, il sera sans doute possible d'obtenir des renseignements taxinomiques importants. Bien qu'il existe des différences de comportement selon les sporées d'une même espèce, la germination bipolaire est plus fréquente chez *G. badia* que chez *A. umbrina* où la germination unipolaire paraît être plus courante (Pl. II, fig. I). L'emplacement des sites de germination ne sont pas nécessairement aux pôles mêmes de la spore : chez *Scutellinia scutellata* (L. ex Fries) Lamb., les structures germinatives sont plutôt rejetées de côté alors que, chez *Plectania coccinea* (Scop. ex Fries) Fuck., un ou plusieurs sites de germination se trouvent essentiellement aux extrémités de la spore (Pl. II, fig. B). La position des structures germinatives est moins évidente chez des espèces telles qu'*Urnula craterium* (Schw.) Fr. et *Peziza sylvatica* Boud. (Pl. II, fig. F) où la germination polaire n'est effective

Planche II.

Fig. A : germination sporale chez *Plicaria leiocarpa* Boud. La spore est arrondie et la localisation des sites de germination est difficilement discernable. «C» : cloison. — Fig. B : germination unipolaire chez la spore de *Plectania coccinea* (Scop. ex Fries) Fuck. Ici, le filament germinatif qui en est issu se ramifie aussitôt. Remarquer l'ornementation plus ou moins pliciforme (comme celle de la spore de la fig. F). Les spores plus ou moins «lisses» peuvent germer de la même façon. — Fig. C : Décapage au niveau d'une des extrémités de l'ascospore du *Discina leucoxantha* Bres. Remarquer la structure germinative libérée de l'anneau apiculaire qui la recouvrait. — Fig. D et E : Anneaux apiculaires sommitaux des ascospores chez *Aleuria umbrina* Boud. (Fig. D) et chez *Galactinia badia* (Fr. ex Pers.) Boud. (Fig. E). Ces anneaux peuvent également constituer une simple calotte. — Fig. F : Germination bipolaire de la spore non cloisonnée de *Peziza silvatica* Boud. — Fig. G : Germination bipolaire de la spore cloisonnée ou non de *Calycella citrina* ((Hedwig) Fries) Boud. — Fig. H : Germination de l'ascospore de *Peziza violacea* Boud. — Fig. I : Germination de la spore du *Peziza umbrina*.

Abreviations. — A : apicule ou matière apiculaire. — Sg : structure germinative. — Pa : paroi sporale. — Cy : cytoplasme. — Av : afflux cytoplasmique. — Sp : spore. — Spg : spore en germination. — Da : anneau apiculaire. — Cl : cloison du filament germinatif.

Source : MNHN, Paris

que chez certaines spores. En général, plus une ascospore est arrondie, moins la localisation des germinations paraît stricte et plus il devient alors difficile de localiser des sites précis de germination (*Plicaria leiocarpa* Boud., Pl. II, fig. A). Chez beaucoup d'Inoperculés, par contre, la germination peut être nettement polaire (uni- ou bipolaire) : *Calycella citrina* ((Hedwig) Fr.) Boud. (Pl. II, fig. G), *Chlorosplenium aeruginosum* (Oeder) de Not., davantage latérale (*Spathularia flavida* Persoon ex Fr. où la germination débute par des petites conidies latérales), soit encore nettement latérale. Chez les Discomycètes Operculés, il est parfois difficile de retrouver l'ascospore originale parmi les filaments qui en sont issus (*Peziza violacea* Boud., Pl. II, fig. H).

Dans la plupart des cas, l'ascospore, lorsqu'elle s'apprête à germer, montre un afflux cytoplasmique vers les sites de germination (Pl. I, fig. F). Cet afflux, colorable par les colorants métachromatiques, constitue assez souvent un indice sûr de position de ces sites; mais les structures germinatives sont plus aisées à déceler chez certaines sporées ou, seules, les spores prêtes à germer sont davantage gonflées et acceptent mieux les colorants que les autres spores (surtout les colorants acides) : *Pustularia ochracea* Boud. par exemple. Chez ce dernier, ainsi que chez *Otidea onotica* Pers. (Pl. I, fig. E), les débuts de la germination se caractérisent généralement par l'apparition, à l'extrémité de l'ascospore, d'une petite protubérance qui peut également être confondue avec les ornements des sommets sporaux, surtout si l'on tient compte du fait que la plupart des spores «lisses» des Discomycètes operculés se révèlent en réalité recouvertes par un mucilage plus ou moins pliciforme (Pl. II, fig. B et F). Ce fait est remarquable chez des spores mûres ou déjà germées.

La présence ou l'absence de structures germinatives chez les ascospores des Discomycètes Operculés n'apparaît pas constituer un caractère aussi régulier que chez les spores des Basidiomycètes et des Pyrénomycètes, même si l'édification de ces structures (amincissements, épaississements tégumentaires, etc.) semble être morphologiquement analogue. Toutefois, les méthodes de détection et d'analyse de la structure porique, complétées par des recherches sur la germination et des études au microscope électronique à transmission nous permettent d'affirmer dès maintenant leur présence chez les spores de certaines espèces. Nous poursuivons actuellement ces recherches pour préciser leur signification biologique, notamment en ce qui concerne les étapes pré- et postgerminatives.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. le Professeur A. BELLEMERE qui nous a permis de nous servir du microscope électronique à transmission du Laboratoire de Mycologie de l'École Normale Supérieure de Saint-Cloud.

Nous remercions également M. le Professeur LAFITTE et Melle D. NOEL qui nous ont permis d'utiliser le microscope électronique à balayage du Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).

Source : MNHN, Paris

Madame A.-M. SLEZEC et M. J.-P. BOSSY ainsi que Melle G. PAYEN et Melle M. LETALNET nous ont fait bénéficier de leur assistance technique. Qu'ils veuillent trouver ici l'expression de notre gratitude.

BIBLIOGRAPHIE

BERTHET P., 1964 — Essai biotaxinomique sur les Discomycètes. Thèse, Faculté des Sciences de Lyon : 1-157.

BORDES P., 1975 — Observations de la germination de spores de Gyromitre. *Bull. Groupe Mycol. Hte Loire* 6 : 1.

LE GAL M., 1947 — Recherches sur les ornementations sporales des Discomycètes Operculés. *Annl. Sc. Nat. Bot.* 11e série, 8 : 73-298.

LE GAL M., 1953 — Prodrome à une flore mycologique de Madagascar, T. 4 : Les Discomycètes. Rev. Mycologie Éd., Paris, 465 p.

McKNIGHT & BATRA L. R., 1974 — Scanning electron microscopy in taxinomy of gyromitroid fungi. *Mich. Bot.* 13 : 51-64.

MELENDEZ-HOWELL L. M., 1967 — Le pore germinatif des basidiospores. Annl. Sc. Nat. Bot., 12e série, 8 : 487-638.

MELENDEZ-HOWELL L. M., 1970 — Analyse, par décapage, du pore germinatif des spores d'*Apiosordaria verruculosa* (Jensen) v. Arx et Gams en microscopie électronique à balayage. *Annl. Sc. Nat. Bot.* 12e série, 11 : 153-168.

MELENDEZ-HOWELL L. M., 1970 — Sur le pore germinatif sporal de quelques Ascomycètes et ses rapports avec celui des basidiospores. *C. R. Acad. Sc.* 270 : 3204-3206.

MELENDEZ-HOWELL L. M. & CAILLEUX R., 1971 — Présence d'un pore germinatif sporal chez quelques espèces du genre *Tuber* Mich. ex Fr. *C. R. Ac. Sc.* 273 : 2485-2488.

MELENDEZ-HOWELL L. M., 1972 — Le pore germinatif ascosporal dans le genre *Podospora* Ces. *Annl. Sc. Nat. Bot.*, 12e série, 13 : 129-140.

MERKUS E. M., 1975 — Ultrastructure of the ascospore wall in Pezizales (Ascomycetes) III. *Otideaceae* and *Pezizaceae. Persoonia* 8 : 227-247.

PADEN J. W., 1974 — Ascospore germination in *Phillipsia dominguensis* and *P. lutea. Mycologia* 66 : 25-31.

ROSINSKI M. A., 1953 — Two types of spore germination in *Sarcoscypha coccinea* (Scop. ex Fr.) Lamb. *Mycologia* 45 : 302-306.

SPURR A. R., 1969 — A low-viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. *Journal of Ultrastructure Research* 26 : 31-43.

TULASNE L. R. & TULASNE C., 1862 — *Fungi Hypogaei*, Friedrich Klincksieck, Paris, tab. 17 et 19, 75-60.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LES URÉDINÉES DE COTE D'IVOIRE I.

par J.-M. YEN *

RÉSUMÉ. — Le présent mémoire décrit dix-sept espèces d'Urédinées de Côte d'Ivoire récoltées par M. G. GILLES, dont quatre espèces et une combinaison nouvelles : *Hemileia aureospora* (Cumm.) Yen (nov. comb.) sur *Sabicea discolor*, *H. rauvolfiae* Yen et Gilles (nov. sp.) sur *Rauvolfia vomitoria*, *Prospodium baphicola* Yen (sp. nov.) sur *Baphia bancoensis*, *Puccinia oriciae* Yen et Gilles (nov. sp.) sur *Oricia suaveolens* et *Uredo baphiae-nitidae* Yen et Gilles (nov. sp.) sur *Baphia nitida*.

Aecidium bomolense Syd. (*Ann. Mycol.* 2 : 351, 1904)

Sur les feuilles de l'*Adenia cissampeloides (Passifloracée)*, *à Abidjan, Côte* d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P. C. I. N° 6).

MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1951) et VIENNOT-BOURGIN (1953) ont décrit, en Côte d'Ivoire, l'existence de ce champignon sur plusieurs espèces appartenant au genre *Adenia*. Récemment (1970) nous avons signalé, au Gabon, l'existence de cette espèce sur la même plante-hôte (*Adenia cissampeloides*). L'*A. bomolense* est donc très répandu en Afrique.

Aecidium nummulare Berk. (*Journ. Linn. Soc. Bot.* 14 : 95, 1875).

Sur les feuilles du *Ceropegia johnsonii* (Asclépiadacée), à Abidjan (Forêt du Téké), Côte d'Ivoire, 2 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 22).

Ce champignon a été observé en Côte d'Ivoire par MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1951).

Dasturella divina (Syd.) Mundk. et Khesw. (*Mycologia* 35 : 203, 1943).
(Fig. 1)

Sur les feuilles du *Bambusa vulgaris* (Graminée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 31 déc. 1973, leg. G. GILLES P.C.I. N° 31).

* Laboratoire de Cryptogamie, M.N.H.N., 12 rue de Buffon, 75005 Paris.

Source : MNHN, Paris

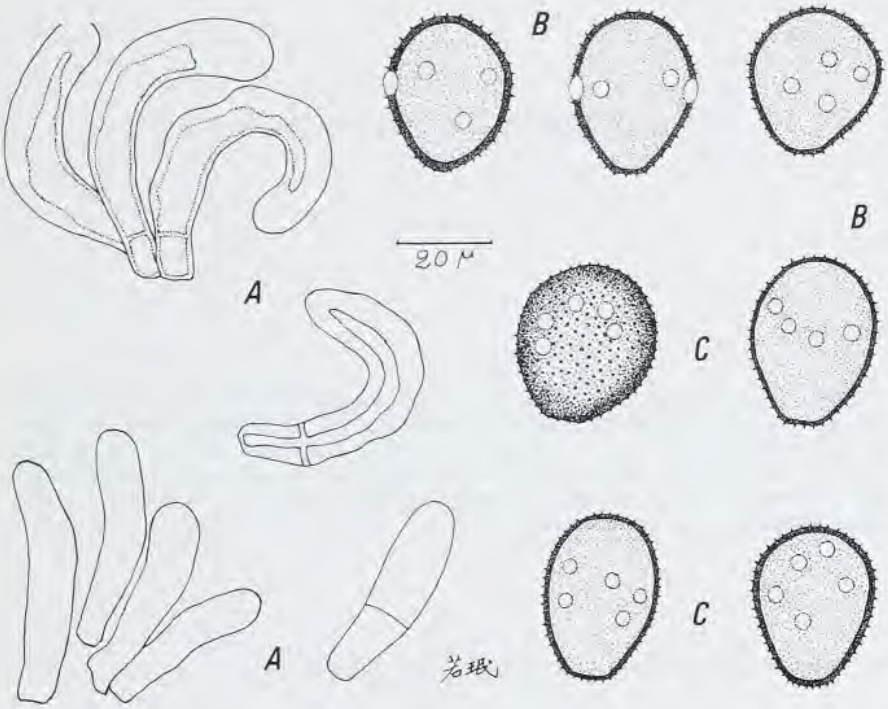


Fig. 1. – *Dasturella divina* (Syd.) Mundk. et Khesw. : A, Paraphyses; B, Urédospores à 4 pores germinatifs; C, Urédospores à 5 pores germinatifs.

Cette récolte ne présente que le stade II. Les sores à urédospores sont hypogènes, arrondis ou ovoïdes, isolés, largement déhiscents et pulvérulents, de teinte fauve ou fauve brunâtre.

Les urédospores sessiles, entourées par les paraphyses, ovoïdes pyriformes ou subglobuleuses, finement échinulées, brun cannelle ou brun cannelle pâle, mesurent 24-31 X 17-23μm; leur paroi est uniformément mince (1-1,5μm). Les pores germinatifs, au nombre de 4-5, sont en position équatoriale ou dispersés (Fig. 1, B et C).

Les paraphyses sont hyalines ou jaune fauvâtre, cylindriques ou claviformes-cylindriques, arrondies au sommet, continues ou cloisonnées par une cloison transversale; leur paroi est lisse ou légèrement ondulée. Elles mesurent 25-65 X 5-10μm (Fig. 1, A).

Ces caractères microscopiques sont analogues à ceux du *Dasturella divina* (Syd.) Mundk. et Khesw. que nous (1970) avons déjà étudié sur les matériaux de Malaisie.

En outre, VIENNOT-BOURGIN (1958) a signalé, en Côte d'Ivoire, l'existence

Source : MNHN, Paris

d'un *Uredo ignava* Arth. qui parasite également les feuilles du *Bambusa vulgaris*. Il diffère de notre champignon par ses urédospores à 4 pores germinatifs. Pour CUMMINS (1971), l'*Uredo ignava* Arth. n'est qu'un synonyme du *Dasturella divina*.

Hemileia aureospora (Cumm.) Yen nov. comb.
(= *Uredo aureospora* Cumm., *Bull. Torrey bot. Cl.* 87 : 41, 1960)
(Fig. 2)

Sur les feuilles du *Sabicea discolor* (Rubiacée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 7).

Macules indistinctes. Sores à urédospores strictement hypophylles, petits, jaune fauvâtre, dispersés ou groupés en petites séries irrégulières; ils sont super-

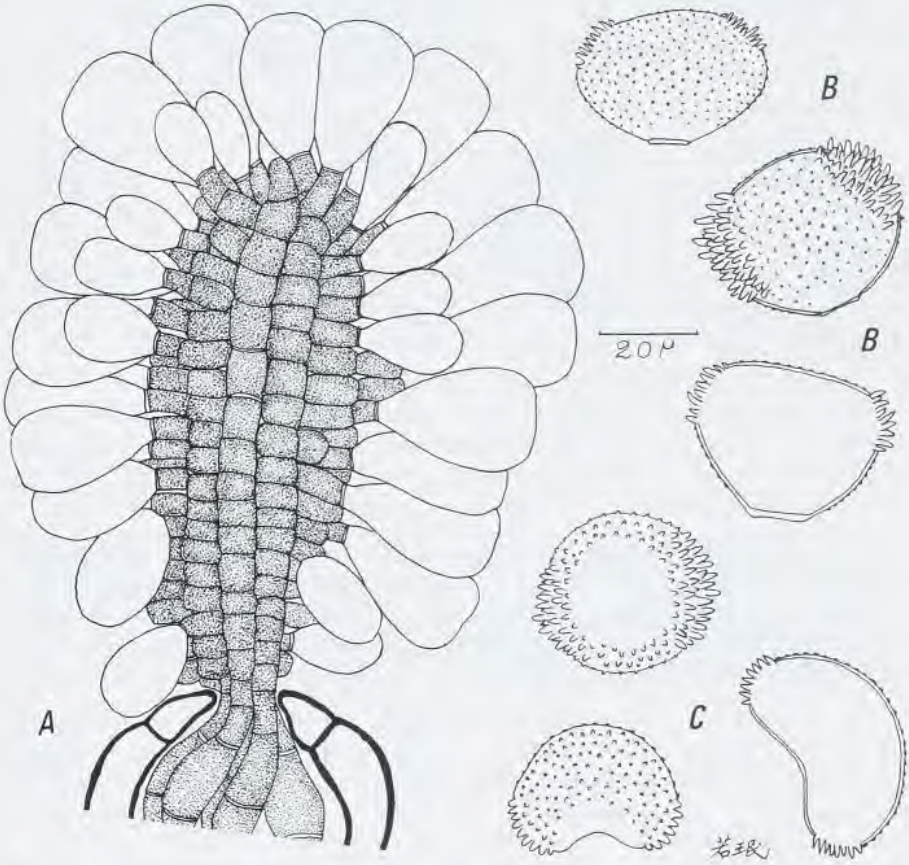


Fig. 2. – *Hemileia aureospora* (Cumm.) Yen : A, Sore à urédospores; B, Urédospores à base tronquée; C, Urédospores à face concave lisse.

Source : MNHN, Paris

stomatiques, cylindriques, constitués de 2-5 hyphes sporifères qui sortent par l'ostiole d'un stomate et forment un «stroma à urédospores» libre et cylindrique, sur lequel sont produites successivement les urédospores. Les sores mesurent 100-200μm de long sur 75-95μm de large (Fig. 2, A).

Les urédospores sont sessiles, hyalines, asymétriques, à base nettement tronquée, grossièrement trigonales ou en forme de «bol de riz» chinois, parfois réniformes, verruqueuses en grande partie mais fortement échinulées sur deux côtés vers le sommet et lisses sur la face concave (Fig. 2, B et C); elles ont une paroi mince (1 μm) et hyaline et mesurent 15-23 μm de haut sur 21-31 μm de large. Les pores germinatifs sont indistincts.

CUMMINS (1960) a signalé au Ghana un *Uredo aureospora* Cumm. qui parasite également les feuilles du *Sabicea discolor*. Il l'a alors considéré comme une espèce d'*Hemileia* («This fungus undoubtedly is a *Hemileia* and has sori of the «superstomatal A» type of GOPALKRISHNAN»). Notre récolte présente des caractères microscopiques analogues à ceux de l'*Uredo aureospora* et nous la considérons, aussi, comme une espèce d'*Hemileia*: *Hemileia aureospora* (Cumm.) Yen. Toutefois, le sore à urédospores de notre récolte n'appartient pas au type «superstomatal A» de GOPALKRISHNAN (1951), étant plutôt bâti sur un «modèle cylindrique» comme nous l'avons indiqué plus haut.

Hemileia rauvolfiae Yen et Gilles nov. sp.
(Fig. 3)

Sur les feuilles du *Rauvolfia vomitoria* (Apocynacée), à Grand-Bassan, Côte d'Ivoire, 1er jan. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 35); sur la même plante-hôte, Forêt de l'Abé (50 km au N d'Abidjan), 27 jan. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 76).

Ces échantillons ne présentent que le stade II. Les sores à urédospores sont hypophylles, superstomatiques, très petits, jaune clair à l'état frais mais blanchâtres à l'état sec, quasiment invisibles à l'oeil nu; ils mesurent 65-100μm de diamètre (Fig. 3, A et B).

Les urédospores naissent sur des pédicelles cylindriques, groupés en fascicules très denses qui sortent de l'ostiole d'un stomate; ces pédicelles sont issus d'un stroma bien développé, situé dans la cavité stomatique. Les stromas à urédospores sont globuleux ou subglobuleux, composés de cellules hyalines et irrégulières; ils mesurent 55-75μm de diamètre (Fig. 3, A).

Les urédospores sont réniformes, hyalines ou subhyalines, mesurant 26-29 X 16-17μm. Leur face convexe est hérissée de verrues hyalines coniques, régulièrement disposées; la face concave est nettement lisse (Fig. 3, C). La paroi des urédospores ne dépasse pas 1μm d'épaisseur. Nous n'avons pas observé l'existence du stade III.

Aucun *Hemileia* ne paraissant à ce jour avoir été signalé sur des plantes-hôtes appartenant au genre *Rauvolfia*, nous considérons cette espèce comme

Source : MNHN, Paris

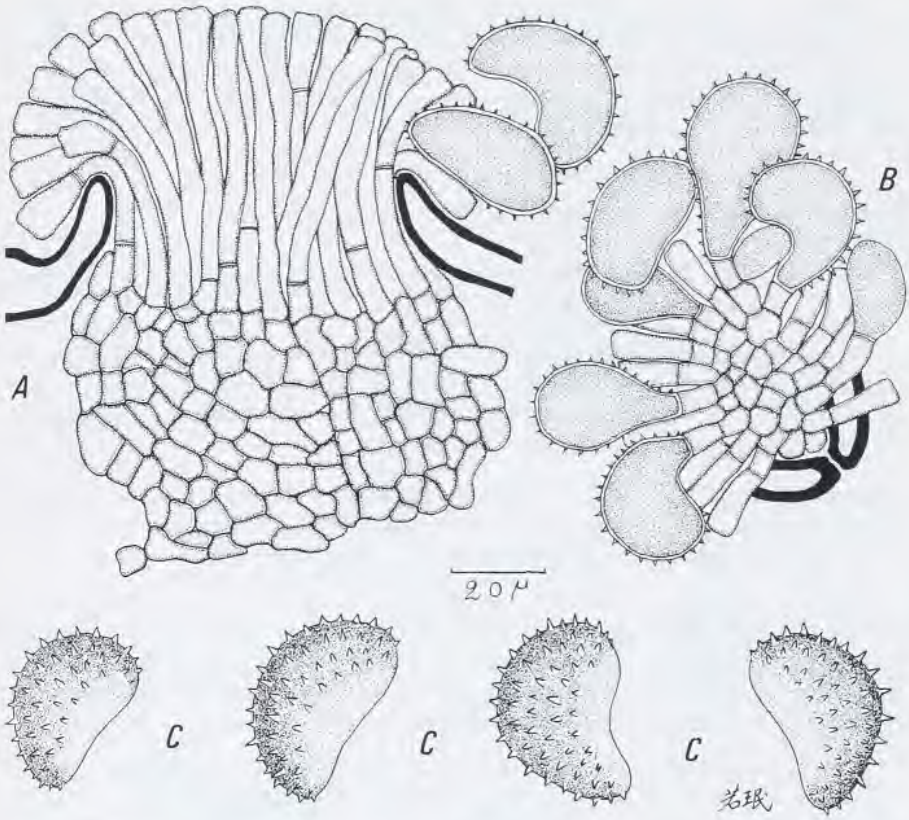


Fig. 3. — *Hemileia rauvolfiae* Yen et Gilles : A, Stroma à urédospores; B, Jeune sore à urédospores; C, Urédospores.

nouvelle avec la diagnose suivante :

Hemileia rauvolfiae. Maculis nullis. Soris uredosporiferis superstomatibus, hypophyllis, minutis, dispersis, albis vel albo-flavidis, rotundatis, 65-100 μm diam. Stromatibus uredosporiferis substomatibus, loculatis, hyalinis, globosis vel subglobosis, 55-75 μm diam. Uredosporis reniformibus, hyalinis vel subhyalinis, 26-29 × 16-17 μm, parietate convexa tecta hyalinis conicis confertisque verrucis concava levis. Forma teleutospora ignota.

Hemileia scholzii (P. Henn.) Syd. (*Engler's botan. Jahrb.* 45 : 260, 1910).

Sur les feuilles du *Clerodendrum splendens* (Verbénacée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 9 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 18); sur la même plante-hôte, à Gonzagueville, Côte d'Ivoire, 29 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 27).

Source : MNHN, Paris

DOIDGE (1927) a observé ce champignon en Afrique du sud. MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1951), puis VIENNOT-BOURGIN (1953) ont signalé, en Côte d'Ivoire, l'existence de ce champignon sur plusieurs espèces de *Clerodendrum (C. scandens, C. polycephalum, C. capitatum* et *C. bucholzii)*. C'est une espèce très répandue en Afrique.

Prospodium baphicola Yen nov. sp. (Fig. 4).

Sur les feuilles du *Baphia bancoensis* (Papilionacée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 8 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 16).

Ce champignon se présente sous les stades 0, I et III sur la même feuille parasitée, chez laquelle il provoque, aux stades 0 et I, des taches foliaires brunes et orbiculaires, mesurant de 1-3 mm de diamètre. Par contre, il ne produit au stade III aucune macule visible.

Spermogonies généralement épigènes, parfois amphiphylles, subcuticulaires, hémisphériques, invisibles à l'oeil nu mais laissant voir, à la loupe, de très petits points noirs isolés. Les spermogonies mesurent 25-30 μm de haut sur 45-65 μm de large.

Sores à écidio-urédospores hypophylles, à la face inférieure de la macule brune, sous-épidermiques, généralement groupées en cercle, parfois en colonies irrégulières et mêlées de spermogonies; ils deviennent déhiscents et pulvérulents, brun rouillé et mesurent 100-320 μm de diamètre.

Les écidio-urédospores, se formant sur des pédicelles cylindriques (Fig. 4, A) au centre d'un cercle de paraphyses, sont globuleuses, subglobuleuses ou irrégulièrement ovoïdes, parfois réniformes, nettement échinulées et de teinte brun cannelle ou brun cannelle pâle; elles possèdent une paroi mince (1-1,5 μm) et mesurent 20-26 X 15-21 μm (ou 20-24 μm de diamètre lorsqu'elles sont globuleuses). Les pores germinatifs sont au nombre de 2, en position équatoriale ou légèrement superéquatoriale (Fig. 4, B).

Les paraphyses sont brun marron à la partie supérieure et plus pâles à la base, claviformes ou cylindriques-claviformes, arquées vers la partie centrale du sore, arrondies au sommet et atténuées à la base, à paroi lisse, plus épaisse au sommet (3-4 μm) et plus mince (1,5-2,5 μm) à la base; généralement simples et divisées par 1-4 cloisons transversales, rarement continues, elles mesurent 30-46 X 7-11 μm (Fig. 4, A et C).

Les sores à téleutospores sont strictement hypophylles et superstomatiques, isolés ou assez serrés les uns contre les autres, entourés par des paraphyses, de teinte brun fauve; ils sont dispersés sur toute la face inférieure du limbe et mesurent 40-150 μm de diamètre. Chaque sore commence de se former dans la cavité sous-stomatique puis sort par l'ostiole d'un stomate. Les «stromas à téleutospores» sont irrégulièrement arrondis, situés à la base de la cavité sous-stomatique et composés des cellules irrégulières et hyalines (Fig. 4, D). Les paraphyses sont de la même couleur et de la même forme que celles des

Source : MNHN, Paris

écidies, mais un peu plus petites (15-45 X 4-11 μm) (Fig. 4, D).

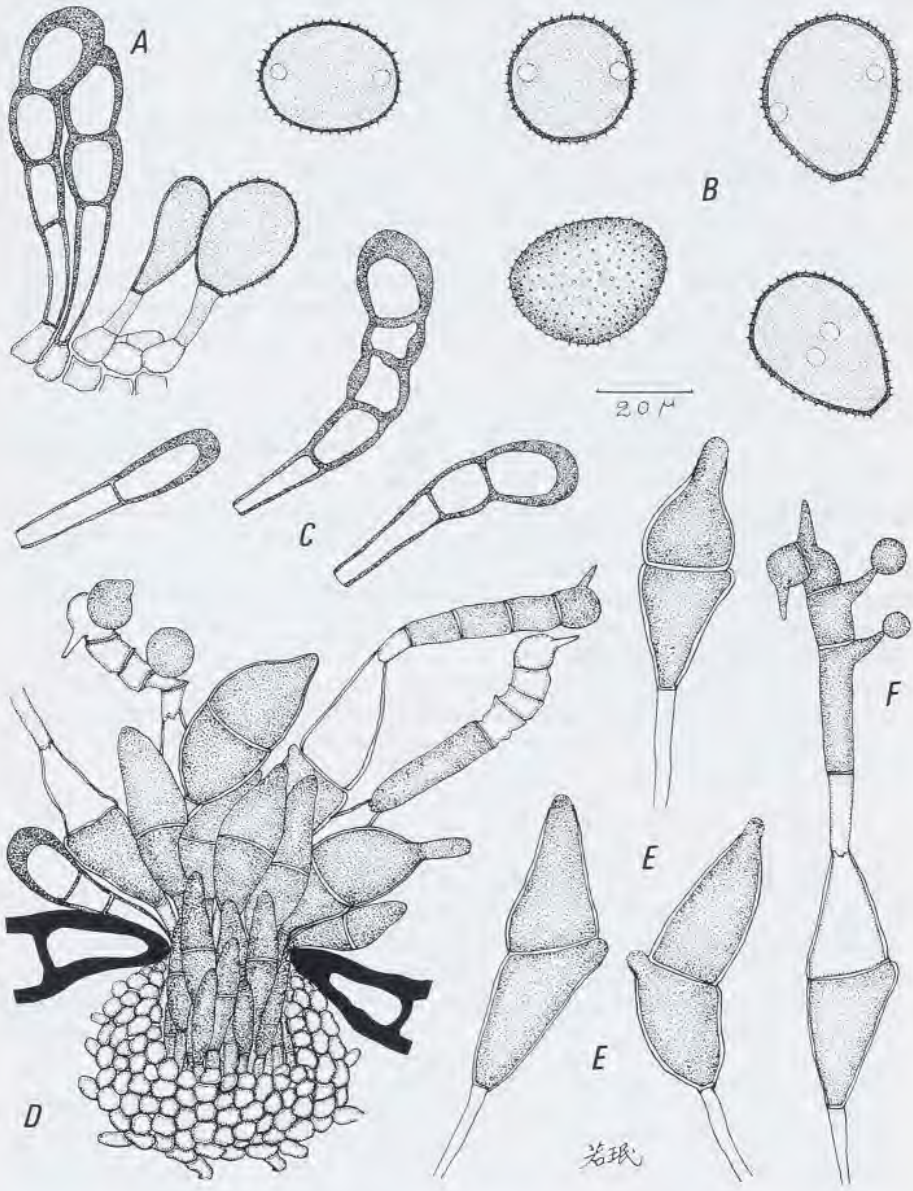


Fig. 4. – *Prospodium baphicola* Yen : A, Une partie du sore à écidio-urédospores; B, écidio-urédospores; C, Paraphyses; D, Sore à téleutospores et stroma à téleutospores; E, Téleutospores; F, Germination de téleutospores.

Source : MNHN, Paris

Les téleutospores, se formant sur des pédicelles cylindriques sortant par l'ostiole d'un stomate, proviennent du stroma situé dans la cavité sous-stomatique; elles sont asymétriques, fusiformes ou oblongues-fusiformes, avec deux loges inégales; il existe, au niveau de la cloison médiane, un étranglement de la spore qui est, par ailleurs, atténuée à ses deux extrémités; la paroi est lisse, subhyaline ou jaune fauvâtre pâle et uniformément mince (1 µm). Les téleutospores mesurent 37-45 × 13-15 µm. Les pores germinatifs sont assez distincts : l'un est apical, l'autre est situé près de la cloison médiane. Les pédicelles sont persistants, hyalins, atteignant 25-32 µm de long (Fig. 4, E).

Les téleutospores de ce champignon peuvent germer sur place, dans leurs sores. Chaque loge de ces téleutospores donne immédiatement une baside cylindrique, divisée régulièrement en quatre cellules basidiennes produisant chacune une basidiospore globuleuse ou subglobuleuse, à la pointe d'un stérigmate mince. Les basides mesurent 60-65 × 7-9 µm; les basidiospores mesurent 7-8 µm de diamètre (Fig. 4, F).

VIENNOT-BOURGIN (1951) a signalé, en Côte d'Ivoire, un *Puccinia baphiae* Vienn.-Bourg., parasite des feuilles du *Baphia pubescentis*. Il diffère de notre champignon par l'absence de spermogonies et, surtout, par ses paraphyses bien ramifiées dans les sores à téleutospores. Si l'on se réfère aux descriptions de CUMMINS (1937 et 1940), la formation de spermogonies subcuticulaires et de sores à téleutospores superstomatiques, ainsi que la présence de paraphyses bien colorées dans les sores à écidio-urédospores, nous permettent de considérer notre récolte comme une espèce nouvelle du genre *Prospodium* (ARTHUR 1907), avec la diagnose suivante :

Prospodium baphicola. Maculis brunneis, orbicularibus, 1-3 mm diam. Spermogoniis epiphyllis vel amphiphyllis, minutis, subcuticularibus, aggregatis, hemisphericis, atrobrunneis, 25-30 µm altis, 45-65 µm latis.

Soris aecidio-uredosporiferis, subepidermis, circulariter aggregatis vel sparsis, rotundatis, brunneo-ferrugineis, in epiderme pustulas elevantis, dein epidermide rupta cinctis cum paraphysibus, 100-320 µm diam. Aecidiosporis globosis, subglobosis vel irregulariter ovoideis, rarius reniformibus, echinulatis, cinnamomeo-brunneis, 20-26 × 15-21 µm vel 20-24 µm diam.; episporio 1-1,5 µm crasso; poris germinationis 2 aequatorialibus preaditis. Paraphysibus numerosis, claviformibus vel cylindro-claviformibus, castaneo-brunneis, erectis vel curvatis, ad apicem rotundatis, basi attenuatis, 1-4 septatis, 30-46 × 7-11 µm; parietate tenue, 1-2,5 µm crassa, ad apicem versus usque 3-4,5 µm incrassata.

Soris teleutosporiferis hypophyllis, superstomatibus, minutis, rotundatis, punctiformibus, proeminentibus, firmis, brunneo-rubescentibus, sparsis vel aggregatis, per stomatibus erumpentis, 40-150 µm diam. Stromatibus teleutosporiferis hyalinis, irregulariter globosis. Paraphysibus numerosis, cylindro-claviformibus, erectis vel curvatis, ad apicem rotundatis, castaneo-brunneis, inferne attenuatis et pallide rubescentibus, 0-2 septatis, 15-45 × 4-11 µm. Teleutosporis bicellularis, subhyalinis vel pallide rubescentibus, oblongo-fusiformibus, asymmetricis, cum duobus loculis inaequalibus, medio constrictis; parietate

Source : MNHN, Paris

tenuissima (1 µm) in tota spora; pedicellis hyalinis, fragilis, persistantibus, ex stomatibus oriundis, 25-32 µm longis. Teleutosporis statim germinantibus.

Habitat in foliis vivis Baphiae bancoensis, Abidjan, Côte d'Ivoire, 8 déc. 1973, ad G. GILLES (P.C.I. N° 16).

Puccinia aframomi-gigantei Yen et Gilles (*Cahiers de la Maboké* 8 : 37, 1970).

Sur les feuilles de l'*Aframomum* sp. (Zingiberacée), à Abidjan (20 km à l'ouest d'Abidjan), Côte d'Ivoire, 4 mars 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 12).

Ce champignon présente les stades II et III. Ses caractères microscopiques nous permettent de le considérer comme *Puccinia aframomi-gigantei* Yen et Gilles que nous (1970) avons étudié au Gabon.

Puccinia levis Sacc. et Bizz. var. panici-sanguinalis (Rangel) Ram. et Cumm. (*Mycopath. Mycol. appl.* 25 : 44, 1965)
(= *Puccinia rottboelliae* Syd. *Monogr. Ured.* 1 : 800, 1904)

Sur les feuilles du *Rottboellia exaltata* (Graminée), à Tiassalé (20 km à l'ouest de Tiassalé), Côte d'Ivoire, 1er jan. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 11).

DOIDGE (1927) a décrit la distribution de ce champignon en Afrique du Sud et en Abyssinie. VIENNOT-BOURGIN (1958) a signalé, en Côte d'Ivoire, l'existence de ce champignon sous la dénomination de *Puccinia rottboelliae* Syd. Récemment (1972), nous avons étudié des matériaux du Gabon où cette espèce attaque également les feuilles du *Rottboellia exaltata*.

Puccinia oriciae Yen et Gilles nov. sp. (Fig. 5)

Sur les feuilles de l'*Oricia suaveolens* (Rutacée), à Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, avril 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 23).

Ce champignon ne présente que le stade III. Les macules sont très distinctes, orbiculaires, hypertrophiques, brun sablé à la face inférieure du limbe, mais brun noir à la face supérieure en raison de la présence des sores à téleutospores; elles mesurent 1-5 mm de diamètre.

Les sores à téleutospores sont strictement épiphylles, subépidermiques, pulvérulents, noirs, petits, arrondis, serrés les uns contre les autres, groupés en colonies orbiculaires et occupant toute la surface de la macule; ils sont souvent entourés par des paraphyses hyalines, filamenteuses et cloisonnées et mesurent 250-450 µm de diamètre (Fig. 5, A).

Les téleutospores, se formant toujours sur des pédicelles filamenteux, sont ellipsoïdes, oblongues ou asymétriquement ellipsoïdes, avec deux loges inégales, brun rougeâtre, à apex arrondi-conique; elles ont des constrictions assez nettes

Source : MNHN, Paris

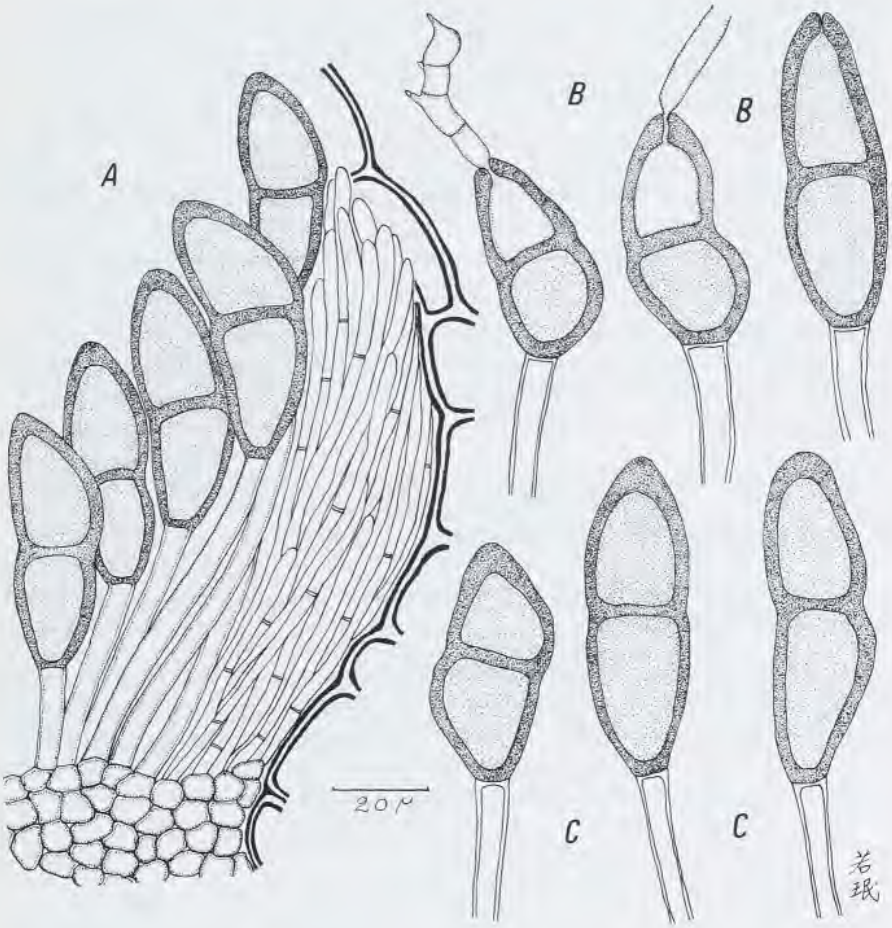


Fig. 5. — *Puccinia oriciae* Yen et Gilles : A, Une partie du sore à téleutospores; B, Germination des téleutospores; C, Téleutospores.

au niveau de la cloison médiane et mesurent 35-52 X 15-18μm (Fig. 5, C). Leur paroi est latéralement plus ou moins mince (1,5-2μm), mais plus épaisse au sommet (3-4μm). Les pédicelles sont filamenteux, persistants, brun fauve à la partie supérieure et quelque peu colorés à la base; ils mesurent 45-110 X 4-7μm. Les téleutospores peuvent germer immédiatement après la maturité, les basides sortant régulièrement par le pore germinatif apical (Fig. 5, B).

Puccinia oriciae. Pycniis, aeciis et uredosoris ignotis. Maculis distinctis, orbicularibus, in hypophyllo brunneo-sabulosis, in epiphyllo atro-brunneis, 1-5 mm diam. Soris teleutosporiferis epiphyllis, subepidermicis, aggregatis, pulverulentis, atris, rotundatis, minutis, 250-450 μm diam.; paraphysibus numerosis,

Source : MNHN, Paris

non-proeminentibus, hyalinis, filiformibus, septatis, coalis.

Teleutosporis bicellularis, flammo-brunneis, ellipsoideis, vel oblongo-ellipsoideis, ad apicem rotundato-conicis, cum duobus loculis inaequalibus, medio leniter constrictis, 35-52 × 15-18µm; episporis levibus, 1,5-2µm crassis, ad apicem 3-4µm; pedicellis cylindraceis, persistentibus, pallide cinnamomeo-brunneis, inferne subhyalinis, 45-100 × 4-7µm; poris germinationis apicatis distinctis. Teleutosporis statim germinantibus.

Habitat in foliis vivis Oriciae suaveolentis. Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, avr. 1973, *ad* G. GILLES (P.C.I. N° 23).

Puccinia polysora Underw. (*Bull. Torrey bot. Cl.* 24 : 86, 1897).

Sur les feuilles de *Zea mays* (Graminée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 9).

Ce champignon ne présente que le stade II. Il vient sur les mêmes feuilles que le *Puccinia sorghi* Schw. Récemment (1973), nous avons étudié des matériaux de Malaisie analogues à cette récolte. Il produit des sores à urédospores amphiphylles (le plus souvent épiphylles), ovoïdes ou arrondis, mesurant 300-650µm de diamètre, atteignant parfois 850µm de long, de teinte brun cannelle pâle ou jaune fauvâtre. Les urédospores sont également brun cannelle pâle ou jaunâtres, possédant 5 ou 4 pores germinatifs. Tous ces caractères sont nettement différents de ceux du *Puccinia sorghi* Schw. qui parasite également des feuilles du *Zea mays*.

Puccinia sorghi Schw. (*Trans. Am. Phil. Soc.* II, 4 : 295, 1832).

Sur les feuilles de *Zea mays* (Graminée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 9 bis).

Ce champignon présente seulement le stade II. Il se développe sur les mêmes feuilles que le *Puccinia polysora* Underw. Les sores à urédospores sont lenticulaires ou longuement fusiformes, de teinte brun marron, atteignant 3-4 mm de long, avec une large crevasse de l'épiderme. Il est très facile de distinguer, même à l'oeil nu, ces deux rouilles (*Puccinia polysora* et *P. sorghi*) par la teinte et la forme des sores à urédospores.

Récemment (1975), nous avons étudié des matériaux de Formose qui présentent des caractères taxinomiques analogues à ceux de cette récolte.

Pucciniosira anthocleitae P. Henn. (*Engl. bot. Jahrb.* 38 : 104, 1905).
(= *Puccinia mitragynae* (Diet.) Diet. ex P. H. Sydow)

Sur les feuilles de l'*Anthocleita nobilis* (Loganiacée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 8).

Source : MNHN, Paris

VIENNOT-BOURGIN (1951) a décrit, en Guinée française, l'existence de ce champignon sous la dénomination de *Pucciniosira anthocleitae* P. Henn. Un peu plus tard (1953), VIENNOT-BOURGIN l'a observé en Côte d'Ivoire. Récemment (1970), nous avons étudié, du Gabon, le même champignon parasite sur les mêmes plantes-hôtes (*Anthocleita nobilis*). Il est donc très répandu dans les pays d'Afrique.

Ravenelia zygiae Syd. (*Ann. Mycol.* 35 : 248, 1973).

Sur les feuilles de l'*Albizzia zygia* (Mimosacée), 100 km à l'Est d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 24 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 21).

Ce champignon est très commun en Côte d'Ivoire. Il a été observé par VIENNOT-BOURGIN (1953) en de nombreuses stations. Actuellement, quatre espèces de *Ravenelia* ont été décrites en Afrique sur les *Albizzia (R. minima* Cke., *R. bottonleyae* Doidge, *R. zigiae* Syd. et *R. leonensis* Syd.); le *Ravenelia zigiae* Syd. se caractérise par ses urédospores à paroi non épaissie à l'apex et pourvues de deux pores germinatifs en position équatoriale.

Skierka congensis P. Henn. (*Ann. Musée Congo*, série 5, II : 90, 1907).

Sur les feuilles de l'*Alchornea cordifolia* (Euphorbiacée), à Abidjan, Côte d'Ivoire, 25 déc. 1972, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 5); sur la même plante-hôte, à Abidjan, Côte d'Ivoire, 8 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 17).

VIENNOT-BOURGIN (1953) a signalé, en Côte d'Ivoire, l'existence de ce champignon parasite sur *Alchorea cordifolia*. Récemment (1970), nous avons observé, au Gabon, le même champignon sur la même plante-hôte.

Uredo baphiae-nitidae Yen et Gilles nov. sp (Fig. 6).

Sur les feuilles du *Baphia nitida* (Papilionacée), à Abidjan (près de l'aéroport), Côte d'Ivoire, 30 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 28).

Ce champignon ne présente que le stade II. Les macules sont très petites, jaune à jaune brunâtre, dispersées sur toute la face supérieure du limbe.

Les sores à urédospores sont strictement hypophylles, sous-épidermiques, arrondis, isolés, dispersés sur toute la face inférieure du limbe, de teinte brune ou brun noir, mesurant 100-180 μm de diamètre; ils sont d'abord clos, puis largement déhiscents par une déchirure épidermique apicale.

Les urédospores sont sessiles, au centre d'un cercle de paraphyses, protégées d'abord par un pseudo-péridium (Fig. 6, A); irrégulièrement ovoïdes, pyriformes ou subglobuleuses, à base tronquée, elles sont de teinte brun rouillé ou brun marron pâle et fortement échinulées; elles possèdent une paroi uniformément mince (1,5-2 μm) et mesurent 25-34 X 20-24 μm (Fig. 6, C).

Source : MNHN, Paris

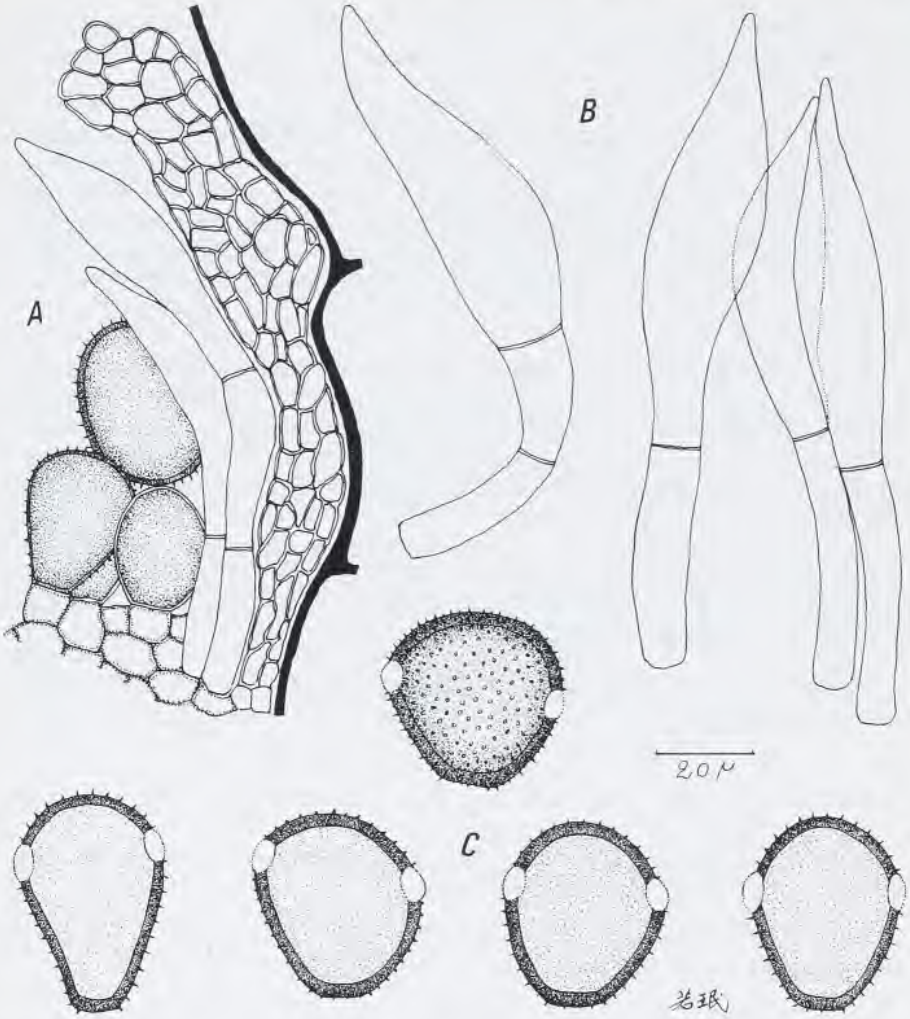


Fig. 6. — *Uredo baphiae-nitidae* Yen et Gilles : A, Une partie du sore à urédospores; B, Paraphyses; C, Urédospores.

Les pores germinatifs sont au nombre de 2, en position plus ou moins super-équatoriale.

Les paraphyses sont subhyalines, jaunâtres ou jaune fauvâtre, droites ou légèrement arquées vers la partie centrale du sore, en forme de lancettes, à contour lisse et divisées par 1-2 cloisons transversales; elles mesurent 60-90 × 8-18μm (Fig. 6, B). Les paraphyses sont toujours très nombreuses, proéminentes, entourées par un pseudo-péridium, et naissent au fond du sore.

Source : MNHN, Paris

Le pseudo-péridium situé au-dessous de l'épiderme de la plante-hôte, est composé de 3-5 couches de cellules irrégulières et hyalines; il atteint 10-20μm d'épaisseur (Fig. 6, A).

Le *Puccinia baphiae* Vienn.-Bourg. (VIENNOT-BOURGIN 1951), parasite du *Baphia pubescentis*, diffère de notre champignon par ses urédospores hyalines et dépourvues de pores germinatifs. Le *Prospodium baphicola* Yen (nov. sp.), parasite du *Baphia bancoensis* que nous avons étudié plus haut, diffère de cette récolte par ses paraphyses cylindriques-claviformes, de teinte brun marron. Par conséquent, ce champignon doit être considéré comme nouveau, avec la diagnose suivante :

Uredo baphiae-nitidae. Maculis in epiphyllo minutis, sufflavidis vel flavo-brunneis, sparsis. Soris uredosporiferis hypophyllis, subepidermis, rotundatis, dispersis, brunneis vel obscure brunneis, 100-180μm diam., diu epidermide tectis, tandem poro centrali apertis. Uredosporis sessilis, irregulariter ovoideis, pyriformibus vel subglobosis, basi truncatis, ferrugineo-brunneis vel pallide ochraceo-brunneis, valide echinulatis, 25-34 × 20-24μm episporis 1,5-2μm crassis; poris germinationis 2 super-aequatorialibus spreaditis. Paraphysibus numerosis, lancellatis, erectis vel leniter curvatis, flavidis vel flavido-fulvis, rarius subhyalinis, 1-2 septatis, 60-90 × 8-18μm. Cellulis pseudo-peridii laxe conjunctis, hyalinis irregularitis vel angulatis.

Habitat in foliis vivis Baphiae nitidae, Abidjan, Côte d'Ivoire, 30 déc. 1973, ad G. GILLES (P.C.I. N° 28).

Uredo costicola Yen et Gilles (*Bull. Soc. Myc. France* 86 : 861, 1970).

Sur les feuilles du *Costus lucanusianus* (Zingibéracée), à Bingerville, Côte d'Ivoire, 9 déc. 1973, leg. G. GILLES (P.C.I. N° 19).

Nous (1970) avons déjà décrit, pour la première fois au Gabon, l'existence de ce champignon parasite sur la même plante-hôte (*C. lucanusianus*).

BIBLIOGRAPHIE

ARTHUR J. C., 1907 – New genera of *Uredinales. Journ. Mycol.* 13 : 31.

CUMMINS G. B., 1937 – *Prospodium* : notes on the morphology of the sori. *Ann. Myc.* 35 : 15-21.

CUMMINS G. B., 1940 – The genus *Prospodium (Uredinales). Lloydia* 3 : 1-78.

CUMMINS G. B., 1960 – Descriptions of tropical rusts. IX. *Bull. Torrey bot. Cl.* 87 : 41 et 42.

CUMMINS G. B., 1971 – *The rust fungi of cereales, grasses and bamboos, p. 514.*

Source : MNHN, Paris

DOIDGE E. M., 1927 – A preliminary study of the south african rust fungi. *Bothalia* II : 125 et 142.

MAYOR E. & VIENNOT-BOURGIN G., 1951 – Contribution à la connaissance des Micromycètes de la Côte d'Ivoire. *Bull. Soc. Myc. France* 67 : 127, 128 et 132.

GOPALKRISHNAN K. S., 1951 – Notes on the morphology of the genus *Hemileia*. *Mycologia* 43 : 271.

VIENNOT-BOURGIN G., 1951 – Urédinales d'Afrique (2ème note). Urédinales de la Côte d'Ivoire (1ère note). *Bull. Soc. Myc. France* 67 : 431.

VIENNOT-BOURGIN G., 1953 – Urédinales d'Afrique (3ème note). Urédinales de la Côte d'Ivoire (2ème note). *Uredineana* IV : 133, 197 et 200.

VIENNOT-BOURGIN G., 1958 – Urédinales d'Afrique (5ème note). Urédinales de la Côte d'Ivoire (4ème note). *Uredineana* V : 222.

VIENNOT-BOURGIN G., 1959 – Étude de micromycètes parasites récoltés en Guinée. *Ann. Inst. Nat. Agr.* 45 : 49.

YEN J. M., 1970 – Étude sur les champignons parasites du Sud-Est asiatique XIII : Quelques espèces d'Urédinées de Malaisie. *Rev. de Mycol.* 34 : 304.

YEN J. M. & GILLES G., 1970 – Les Urédinées du Gabon. III. Un nouveau *Puccinia* parasite d'*Aframomum : Puccinia aframomi-gigantei* Yen et Gilles. *Cahiers de la Maboké*, 8 : 37.

YEN J. M., 1970 – Les Urédinées du Gabon. IV. *Bull. Soc. Myc. France* 86 : 851 et 858.

YEN J. M., 1972 – Les Urédinées du Gabon. VII. *Rev. de Mycol.* 36 : 292.

YEN J. M., 1973 – Étude sur les champignons parasites du Sud-Est asiatique. XXI. Les Urédinées de Malaisie. II. *Bull. Soc. Myc. France* 89 : 329.

YEN J. M., 1975 – Étude sur les champignons parasites du Sud-Est asiatique. XXIV. Les Urédinées de Formose. *Rev. de Mycol.* 39 : 251-267.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LA CONJUGAISON IN VITRO CHEZ L'USTILAGO VIOLACEA (PERS.) ROUSS. :

Modalités, influence des facteurs externes et développement des filaments mycéliens

par M. BATCHO, J. DUBOIS (1) et Ch. ZAMBETTAKIS (2)

RÉSUMÉ. — Des sporidies de l'*Ustilago violacea*, issues de la germination de téliospores produites in vitro sur des cultures du *Silene alba* ont une croissance rapide en milieu liquide agité. Celles qui appartiennent à des clones compatibles conservent la possibilité de se conjuguer après 18 mois de culture. Le taux de conjugaison dépasse 80%, quand les conditions sont favorables. Quelques facteurs physiques, physiologiques et nutritionnels susceptibles de contrôler la reproduction sexuée sont étudiés. L'inhibition de la conjugaison par le filtrat des cultures végétatives âgées est mise en évidence.

Le développement spontané des filaments mycéliens à partir des sporidies conjuguées est rare : moins de 1 filament pour 10 000 conjugaisons. Leur formation est légèrement favorisée lorsqu'on cultive simultanément des sporidies compatibles et des cellules de Silène; elle l'est davantage lorsqu'on utilise, comme milieu de culture, le filtrat conditionné d'une culture cellulaire de la plante-hôte. Dans tous les cas, la croissance des filaments s'arrête dès qu'ils mesurent 20 ou 30 μm.

SUMMARY. — Brandspores of *Ustilago violacea* are collected aseptically on infected stems of *Silene alba* grown in vitro. Shake suspension cultures of haploid sporidia, from promycelia, grow fastly. 18 months old mating-types are still able to conjugate. Under suitable conditions, conjugation rate exceed 80 %. Physical, physiological and some nutrient factors supposed to control sexual reproduction are investigated. Conjugation inhibition by filtrate from vegetative sporidia culture is proved.

Spontaneous development of hyphae from fused pairs of sporidia is not frequent : lower than 1.10^4. Their formation is slightly increased when mating-types are cultivated with host cells cultures. Filtrate from cell suspension of *Silene alba* is more efficient, but in all cases growth of hyphae does not exceed 20 or 30 μm.

(1) Laboratoire de Physiologie Végétale, Université des Sciences et Techniques de Lille, 59650 Villeneuve d'Ascq.

Groupe de Recherches en Mycologie Fondamentale et Appliquée, UER de Pharmacie, Rue du Professeur Laguesse, 59000 Lille.

(2) Laboratoire de Cryptogamie du M.N.H.N., 12, rue de Buffon, 75005 Paris.

REVUE DE MYCOLOGIE, TOME 40 (1976).

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

L'*Ustilago violacea* (Pers.) Rouss. est un champignon Basidiomycète responsable du «charbon» des Caryophyllacées. Son cycle de développement comprend une phase haploïde représentée par des sporidies et une phase mycélienne dicaryotique. Le mycélium se développe en parasite entre les cellules de l'hôte et produit des spores charbonneuses dans les anthères des plantes infectées. D'abord dicaryotiques, puis diploïdes après caryogamie, les spores germent à maturité en donnant un organe sporidien ou promycélium dans lequel le noyau subit une méïose. Cet organe se cloisonne alors en quatre cellules uninucléées qui bourgeonnent et donnent des sporidies de signe contraire, se conjugant pour former de nouveaux mycéliums dicaryotiques.

La phylogénie des Ustilaginales est encore discutée (MEHROTRA, 1968), mais la plupart des auteurs s'accordent pour les rapprocher des Urédinales. Selon CHADEFAUD (1960 et 1963), leur cycle très simplifié ne comporte plus que deux phases successives, l'une et l'autre sporophytiques, séparées par une périttogamie. La disparition de la phase gamétophytique fait qu'il ne comprendrait plus, à proprement parler, de phénomènes sexuels. La conjugaison ne serait donc qu'une «néogamie substituée à un mécanisme ancestral disparu». Comme le signalent VIENNOT-BOURGIN (1964) et POON, MARTIN & DAY (1974), elle ne se produit pas toujours entre deux sporidies primaires, c'est à dire provenant de la division des noyaux haploïdes d'un organe sporidien. On observe très souvent des conjugaisons entre des sporidies secondaires issues du bourgeonnement des précédentes, ou entre une sporidie et l'un des articles d'un organe sporidien. Elle peut aussi s'effectuer entre deux articles appartenant à un même organe promycélien ou à des promycéliums différents.

Dans la nature, les sporidies primaires produisent par bourgeonnement de nombreuses sporidies secondaires qui engendrent un thalle levuroïde vivant en saprophyte à la surface des feuilles de l'hôte. Par contre, les mycéliums dicaryotiques issus de la conjugaison ne se développent qu'en parasites à l'intérieur des tissus d'une Caryophyllacée. Plusieurs Urédinales, longtemps considérées comme des parasites stricts, ayant été par la suite cultivées sur des milieux synthétiques (HUTSON & CUTTER, 1951; WILLIAMS et coll., 1967; TUREL, 1964), on peut penser qu'il en sera de même pour l'*Ustilago violacea* lorsque le milieu de culture adéquat aura été mis au point.

Les facteurs génétiques et les évènements moléculaires conditionnant la conjugaison ont été récemment étudiés par CUMMINS & DAY (1973 et 1974). Nous avons voulu préciser les effets des principaux facteurs externes, de manière à mettre au point une technique simple permettant d'obtenir rapidement un grand nombre de conjugaisons axéniques. Ces dernières sont indispensables pour entreprendre des cultures associées de cet *Ustilago* avec des tissus et des cellules de *Silene* ou pour tenter de le cultiver sur un milieu simple.

Source : MNHN, Paris

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Origine et entretien des cultures

Des fragments de tiges de *Silene alba* prélevés sur des plantes sauvages parasitées par l'*U. v.* et cultivés in vitro pendant 3 ou 4 semaines produisent des fleurs charbonneuses (BATCHO & DUBOIS, 1975). Les téliospores, recueillies aseptiquement, sont mises à germer dans de l'eau stérile. Elles engendrent de nombreuses sporidies que l'on transfère après 48 h dans un milieu nutritif renfermant les éléments minéraux de la solution de LESCURE (1969), $20 g.l^{-1}$ de saccharose et $10^{-6} g.l^{-1}$ de chlorhydrate de thiamine. Les flacons de culture renfermant 200 ml de ce milieu, sont disposés sur un agitateur rotatif (70 tours/mn) placé dans une pièce dont la température est maintenue à 21 ± 1°C. Ils reçoivent, en plus de la lumière du jour, un éclairement d'appoint d'environ 1000 lux, fourni 12 h sur 24 par des tubes luminescents. Ces cultures, entretenues par repiquages successifs tous les 10 jours, constituent la souche 74-00 à partir de laquelle nous avons isolé, par dilution et étalement sur milieu gélosé, les subcultures 74-08 et 74-09 utilisées pour ce travail. Elles sont repiquées sur du milieu neuf, à densité initiale d'environ $1,5\text{-}10^6$ sporidies/ml, tous les 10 jours également.

2. Détermination du taux de conjugaison et mesure de la croissance

Pour étudier le déroulement de la conjugaison, nous avons réalisé des microcultures mixtes en mélangeant 0,5 ml des deux cultures clonales dans des microcuvettes placées elles-mêmes dans des boîtes de Pétri stériles. Le taux de conjugaison (Cg. %) est déterminé à partir d'un ou plusieurs comptages d'environ 1000 cellules chacun:

$$\text{Cg.}\% = \frac{\text{sporidies conjuguées}}{\text{sporidies conjuguées et végétatives}} \cdot 100$$

La croissance végétative des cultures clonales est évaluée par la mesure de la densité optique à 550 nm, sur une partie aliquote des suspensions diluée en général 10 fois. La croissance des microcultures mixtes est appréciée de la même façon. Il est évident que cette dernière a une signification très différente, puisque les microcultures renferment un mélange de sporidies qui bourgeonnent et de cellules qui se conjuguent. Toutefois, ces mesures permettent d'apprécier la viabilité des sporidies, lorsqu'on les place dans des conditions peu favorables.

Source : MNHN, Paris

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Cinétique de la conjugaison

Le déroulement de la conjugaison est analysé à partir de microcultures ensemencées avec des sporidies âgées de 48 h et placées à l'obscurité à 20 ± 1°C. Trois phases successives sont repérables en microscopie photonique : l'appariement des cellules, l'accolement, le développement du tube de conjugaison. Pendant la première, qui débute environ 2 h après le mélange des clones, les sporidies se déplacent par couples dans le milieu liquide, sans qu'il y ait de contact entre elles. Après 3 h, les cellules qui se sont regroupées par couples s'accolent. Des observations en microscopie électronique (POON, MARTIN & DAY, 1974) montrent qu'à ce stade, les parois sont soudées alors que les plasmalemmes sont encore séparés. Les premiers tubes de conjugaison apparaissent environ 5 h après la mise en place des microcultures; ils s'allongent dans les heures qui suivent. Après 24 h, la plupart des tubes mesurent de 2 à 3 μm (Fig. 1), mais certains atteignent ou même dépassent 5 μm.

Le pourcentage des conjugaisons complètes est d'abord évalué toutes les heures, puis à intervalles plus grands (Tableau 1). Il est pratiquement nul pendant les 4 premières heures, puis il augmente rapidement de la 5ème à la 12ème heure; le taux maximum est atteint après 24 h. Les sporidies se conjuguent également lorsqu'on les étale en mélange à la surface du milieu solidifié par 5% d'agar ou même simplement sur de l'eau gélosée. D'après POON, MARTIN & DAY (1974), les premières conjugaisons s'observent à la surface de l'eau gélosée en moins de 3 h; après 12 et 24 h, les pourcentages de cellules conjuguées sont d'environ 50 et 70%. Le milieu liquide que nous utilisons est un peu plus favorable, puisque nous comptons dans le même temps, respectivement 70,9 et 87,2% de conjugaisons.

La croissance des microcultures (Tableau 1) est rapide pendant les 5 premières heures. Elle se ralentit dès que les premières conjugaisons apparaissent, seules les sporidies végétatives se multipliant rapidement.

2. Variation de l'aptitude à conjuguer au cours d'un cycle de croissance

Toutes les 24 heures, on mesure la croissance de cultures clonales ensemencées à la densité de 3.10^6 cellules/ml avec des cellules âgées de 7 jours. On prépare en même temps des microcultures mixtes, qui sont disposées à la même température (21°C) dans une étuve. La croissance des cultures clonales et les taux de conjugaison déterminés 24 h après la mise en place des microcultures sont rapportés sur la figure 3. La croissance est très rapide jusqu'au 4ème jour, puis plus lente jusqu'au 7ème. Les cultures entrent alors dans une phase sta-

Source : MNHN, Paris

Temps (h)	conjugaisons %	D. O.
0	0 ± 0	11,5 ± 0,5
1	0 ± 0	11,5 ± 0,5
2	0,1 ± 0,1	12,0 ± 1,0
3	0,1 ± 0,1	13,5 ± 0,5
4	0 ± 0	15,5 ± 0,5
5	6,3 ± 5,1	17,0 ± 1,0
6	27,8 ± 17,8	17,0 ± 0,5
9	58,6 ± 12,1	18,5 ± 1,5
12	70,9 ± 9,0	20,5 ± 1,5
24	87,2 ± 3,8	29,0 ± 5,0
48	81,8 ± 3,2	32,5 ± 3,5
72	80,3 ± 8,0	36,0 ± 4,0

Tableau 1. — Évolution du pourcentage de conjugaison et croissance d'une microculture mixte d'*U. v.*, à l'obscurité et à la température de 20 ± 1°C.

tionnaire qui se prolonge pendant une semaine. Au cours de la croissance active, la plupart des sporidies portent un bourgeon. Au cours de la phase stationnaire, les cellules en bourgeonnement deviennent de plus en plus rares; certaines se remplissent de lipides, d'autres présentent une grande vacuole entourée d'une mince couche de cytoplasme.

L'aptitude à la conjugaison est très grande lorsque les cultures viennent d'être repiquées; elle diminue rapidement entre le 2e et le 3e jour, puis plus lentement par la suite. Les sporidies prélevées au cours de la phase stationnaire ne se conjuguent pas, tout au moins en 24 h. La perte de cette aptitude semble liée à trois facteurs au moins : l'âge des sporodies, la densité des cultures, la composition du milieu nutritif. La température et la lumière jouent souvent un rôle important dans la sexualité des champignons; aussi, avons-nous jugé utile d'étudier leur influence sur la conjugaison d'*Ustilago violacea*.

3. Facteurs physiques contrôlant la conjugaison : TEMPÉRATURE et LUMIERE

Nous avons analysé les effets de la température sur des microcultures ensemencées avec des sporidies âgées de 48 h et placées à l'obscurité dans des enceintes dont les températures s'échelonnent entre 2,5 et 40°C. Les sporidies, rincées à l'eau distillée, sont mises en suspension dans du milieu neuf en prenant soin que leur densité (environ 2.10^7 sporidies/ml) ne soit pas modifiée. Les résultats rapportés sur la figure 1 montrent que la température optimale de conjugaison est de 17,5°C. Les taux de conjugaison sont élevés (supérieurs

Source : MNHN, Paris

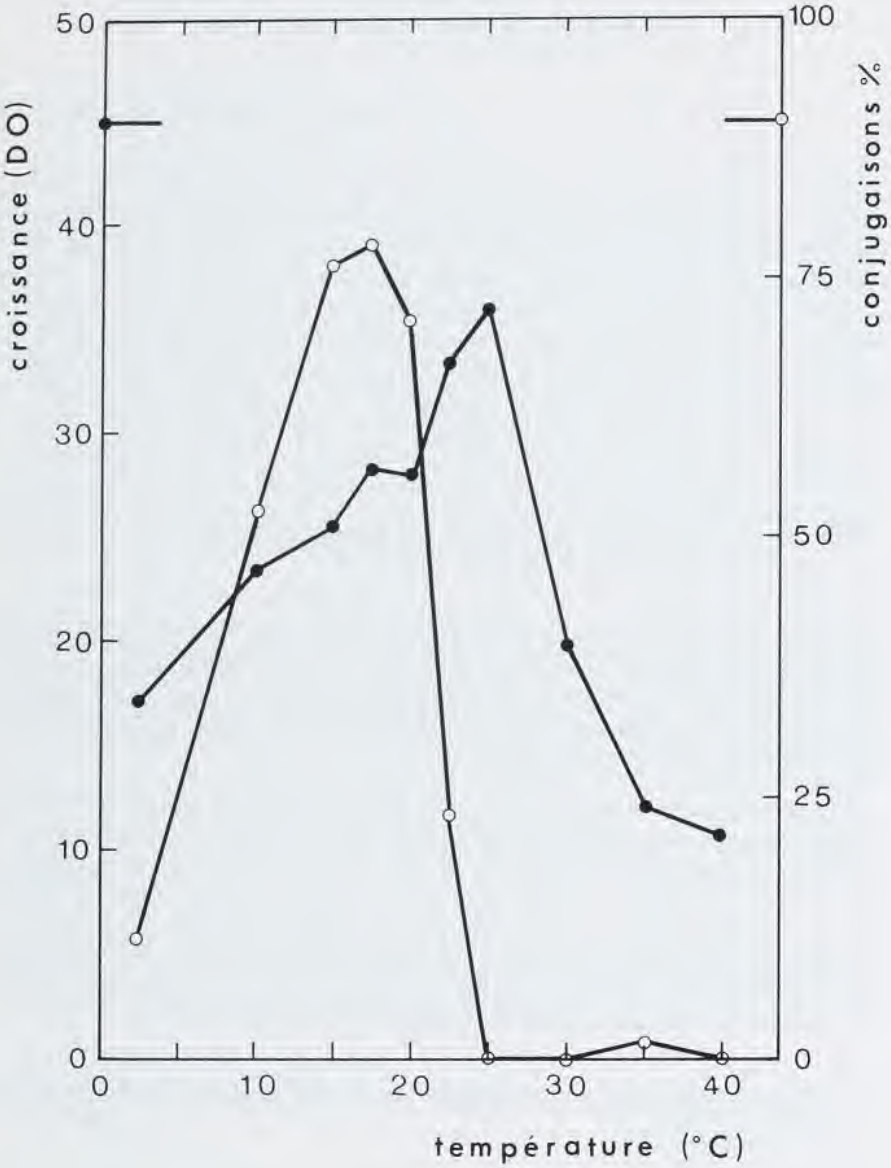


Fig. 1. — Variation de la croissance (-●-) et du taux de conjugaison (-o-) des microcultures mixtes de l'*U. v.* en fonction de la température. *Les mesures de la D. O. et du taux de conjugaison sont effectuées 24 h après l'ensemencement.*

Source : MNHN, Paris

à 70%) entre 15 et 20°C et diminuent très rapidement dès que la température augmente. A partir de 25°, nous n'observons plus aucune conjugaison en 24 h. Pourtant cette température n'est pas totalement inhibitrice puisqu'après 5 ou 6 jours, les microcultures renferment de faibles pourcentages de sporidies conjuguées. Un passage de 24 heures à une température encore plus élevée (30°C) ou très faible (2,5°C) ralentit mais ne supprime pas la conjugaison des sporidies; 24 h après leur transfert à une température favorable, elles présentent des taux comparables à ceux des témoins.

Le ralentissement de la conjugaison aux températures supraoptimales est sans doute en relation avec des modifications de la morphogenèse. A 25°C, de nombreuses sporidies restent attachées par 4 ou 8, formant des chaînettes rappelant des pseudo-filaments (Pl. 1, fig. 5). Après 4 ou 5 jours, ces formations se dissocient et les sporidies libérées s'apparient et se conjuguent.

La température de 25°C est la plus favorable à la croissance. Toutefois, le bourgeonnement n'étant pas indépendant de la conjugaison, on pouvait se demander si les températures élevées ne favorisent pas le bourgeonnement des sporidies par suite du ralentissement de la conjugaison. Des observations effectuées par la suite sur des cultures clonales, en milieu liquide agité, ont montré que la croissance végétative était optimale entre 22 et 25°C.

Dans un récent travail, DAY & DAY (1974) ont noté que les températures supérieures à 12°C ralentissent ou inhibent la conjugaison de deux lignées compatibles d'*U. v.* étalées en mélange sur de l'eau gélosée. Quelles que soient les conditions de culture, les températures qui favorisent la conjugaison sont nettement plus faibles que celles qui stimulent la croissance végétative. Le ralentissement ou l'arrêt de la conjugaison, provoqués par des températures trop élevées, sont comparables au blocage de la reproduction sexuée qui a été mis en évidence chez divers Ascomycètes (HENRIKSSON & MORGAN-JONES, 1951; FAYRET, 1967; DEHORTER, 1972). Notons toutefois que chez *Sordaria fimicola*, le plus grand nombre de périthèces est obtenu à 25°C (HALL, 1971) et que des espèces appartenant à un même genre peuvent avoir des exigences différentes : c'est le cas des *Leptosphaeria acuta* et *maculans* étudiés par LACOSTE (1965). Les températures basses favorisent également la fructification des Basidiomycètes. FLEGG (1968) note qu'entre 14 et 20°C, le nombre de carpophores de diverses Agaricales diminue alors que le poids de chacun d'eux augmente. ATKINS (1966) signale que les températures optimales pour la fructification de l'*Agaricus bisporus* se situent entre 14,5 et 16,5°C.

Le rôle joué par la lumière dans le contrôle de la sexualité des champignons varie beaucoup selon les espèces. Quelques unes, photosensibles, requièrent absolument un stimulus lumineux; d'autres sont au contraire inhibées par la lumière. *Coprinus congregatus* (MANACHERE, 1967) et *Nectria galligena* (DEHORTER, 1972), font partie du premier groupe; *Gnomonia leptostyla* (FAYRET, 1967) est un exemple du second. D'autres espèces comme *Sordaria fimicola* (INGOLD & DRING, 1957) se reproduisent sexuellement aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité; elles sont dites photo-indifférentes. Chez l'*Ustilago*

Source : MNHN, Paris

Conditions expérimentales		
Culture clonale	Microculture mixte	Conjugaison %
LUMIERE (48 h)	LUMIERE (24 h) *(a)*	60,8 ± 2,6
LUMIERE (48 h)	OBSCURITÉ (24 h) *(a)*	61,5 ± 2,2
LUMIERE (6 j)	LUMIERE (24 h) *(b)*	82,0 ± 3,3
LUMIERE (6 j)	OBSCURITÉ (24 h) *(b)*	93,0 ± 2,0
OBSCURITÉ (6 j)	LUMIERE (24 h) *(b)*	88,2 ± 2,5
OBSCURITÉ (6 j)	OBSCURITÉ (24 h) *(b)*	85,4 ± 0,3

Tableau 2. – Effet de la lumière et de l'obscurité sur la conjugaison des sporidies de l'*U. v.* *(a) culture à 21 °C; (b) Culture à 17,5 °C.*

violacea (Tableau 2), les taux de conjugaison sont très peu différents dans les microcultures soumises 24 h à un éclairement luminescent d'environ 1000 lux et dans les témoins placés à l'obscurité. La lumière n'est pas nécessaire non plus pendant la période de culture clonale précédant la conjugaison. Des sporidies cultivées séparément pendant 7 jours à l'obscurité avant d'être mélangées présentent, 24 heures plus tard, des taux de conjugaison analogues à ceux des cultures ensemencées avec des sporidies bourgeonnantes entretenues à la lumière.

4. Facteurs physiologiques : AGE DES SPORIDIES ET DENSITÉ INITIALE DES CULTURES

Pour déterminer l'influence de l'âge des cellules sur leur aptitude à conjuguer, nous avons ensemencé des microcultures avec des sporidies compatibles âgées respectivement de 2, 11 et 19 jours, à la densité initiale d'environ 2.10^7 cellules/ml. Le pourcentage de sporidies parvenant à chacun des 3 principaux stades de la conjugaison après 6, 9, 12 et 24 h de culture à 17,5°C sont rapportés sur la figure 4. En 6 h, seules les cellules les plus jeunes parviennent au 3ème stade (45,6% des cellules âgées de 2 jours). Après 9 h, 69,8% des sporidies âgées de 11 jours y parviennent également, alors que la plupart des cellules de 19 jours sont encore au stade de l'accolement. Après 24 h, 68,3% de ces dernières se sont conjuguées à leur tour. L'âge des sporidies ralentit donc le déroulement de la conjugaison; toutefois, après 24 h, les pourcentages de cellules ayant formé un tube de conjugaison diffèrent relativement peu. Pour éviter que ce facteur ne devienne limitant, il convient donc de ne pas déterminer les taux de conjugaison moins de 24 h après l'ensemencement des cultures mixtes.

Contrairement à ce qu'on observe pour les suspensions cellulaires des *Phané-*

Source : MNHN, Paris

Durée de la culture (h)	Age des sporidies ensemencées					
	microcultures mixtes			cultures colonales 74-08		
	2 j	11 j	19 j	2 j	12 j	22 j
0	12	11	13	5	6	5,5
6	15	14	15,5	8,5	9	8,5
9	16	14,5	–	10,5	10,5	10
12	17	16,5	18	13	12	11
24	23	22	24	29	22	19
48	–	–	–	90	80	69
96	–	–	–	125	122,5	125

Tableau 3. – Effet de l'âge des sporidies sur la croissance (mesurée par la D. O.) de cultures clonales et de microcultures mixtes de l'*U. v.*

rogames, et en particulier pour celles du *Silene alba* (DUBOIS, 1975), l'âge des sporidies ensemencées ne modifie pas la cinétique de la croissance. Les résultats obtenus (Tableau 3) avec des cultures clonales montrent que la période de latence, très brève, n'augmente pas quand les sporidies sont âgées; par contre, le temps de doublement est dans ce cas un peu plus long.

Afin de rechercher les effets de la densité initiale des cultures sur la conjugaison, des sporidies compatibles âgées de 7 jours ont été séparées de leur milieu d'entretien et remises en suspension dans du milieu neuf, à des concentrations variables (Tableau 4). Après 24 h à 20°C, on constate que la conjugaison est fortement réduite lorsque la densité initiale est élevée (6.10^8 cellules/ml) ou très faible (6.10^5 cellules/ml). Les concentrations intermédiaires, voisines de la densité de cultures clonales ensemencées depuis 24 h, sont les plus favorables.

Densité cellulaire (sporidies/ml)	6.10^8	6.10^7	3.10^7	6.10^6	3.10^6	6.10^5
conjugaison %	1,6 ± 0,4	50,4 ± 4,8	57,0 ± 2,9	66,6 ± 5,3	65,4 ± 9,3	9,5 ± 2,6

Tableau 4. – Effet de la densité cellulaire sur la conjugaison des sporidies de l'*U. v.*

5. Facteurs nutritionnels : importance du CARBONE et de l'AZOTE

On sait depuis longtemps que les milieux pauvres favorisent la conjugaison de nombreuses espèces d'*Ustilago* (KNIEP, 1919; BAUCH, 1922) et que l'équi-

Source : MNHN, Paris

libre entre le carbone et l'azote joue parfois un rôle déterminant sur la croissance végétative et sur la reproduction sexuée des champignons (HALL, 1971; DEHORTER, 1972; COUVY, 1973). Pour préciser le rôle de ces éléments sur la croissance et la conjugaison des sporidies de l'*Ustilago violacea*, nous avons multiplié les doses de saccharose et de KNO_3 du milieu par 1/2, 1, 2 et 4. Le milieu d'entretien renferme 20 g.l^{-1} de saccharose, 1,96 g.l^{-1} de KNO_3 et 0,29 g.l^{-1} de $Ca(NO_3)_2$, 4 H_2O.

Dans une première expérience, les sporidies compatibles sont cultivées séparément pendant 48 h sur le milieu d'entretien, puis recueillies par centrifugation, rincées et ensemencées en mélange dans des microcultures renfermant du milieu dont les concentrations en saccharose et en KNO_3 sont précisées dans le Tableau 5. Les cultures dont la densité initiale est d'environ 1.10^7 cellules/ml sont placées à 17,5°C pendant 24 h. Les sporidies se conjuguent même en l'absence de sucre. Ce composé exerce cependant un effet favorable à 10 ou 20 g.l^{-1}, mais est un inhibiteur aux doses plus élevées. Le nitrate de potassium favorise la conjugaison jusqu'à 1 g.l^{-1}, mais au-delà son effet est défavorable. Les conjugaisons sont réduites de près de 50 % pour les concentrations de nitrate les plus fortes (8 g.l^{-1}) et, en présence d'une dose plus élevée de saccharose (80 g.l^{-1}), l'inhibition peut être totale.

		Saccharose (g.l^{-1})				
		0	10	20	40	80
KNO_3 g.l^{-1}	0	73,6	67,0	79,1	66,0	54,1
	1	67,5	84,6	82,9	76,9	64,5
	2	67,3	79,6	68,8	68,0	57,3
	4	52,9	68,9	71,7	66,8	46,7
	8	41,5	40,5	43,8	35,9	0,2

Tableau 5. – Effet de la concentration en saccharose et en nitrate de potassium sur la conjugaison des sporidies 74-08 et 74-09 préalablement cultivées séparément pendant 48 h sur le milieu d'entretien.

		Saccharose (g.l^{-1})				
		0	10	20	40	80
KNO_3 g.l^{-1}	0	73,5	75,9	82,8	68,2	78,7
	1	78,1	84,8	86,9	81,9	77,3
	2	69,1	67,2	75,3	76,4	60,1
	4	67,3	57,7	68,0	53,8	1,3
	8	55,7	49,6	60,6	6,8	0,3

Tableau 6. – Effet de la concentration en saccharose et en nitrate de potassium sur la conjugaison des sporidies 74-08 et 74-09 préalablement cultivées séparément pendant 6 jours sur les mêmes milieux.

Source : MNHN, Paris

Planche I. — Conjugaison des sporidies secondaires de l'*U. v.* et filaments mycéliens issus des conjugaisons. *Toutes les préparations ont été colorées au bleu lactique, sauf celle de la Fig. 7 qui a été colorée par un réactif iodo-ioduré. Dans chaque micrographie, l'échelle représente 5 µm.*

Source : MNHN, Paris

Nous avons réalisé une seconde expérience (Tableau 6) en cultivant les deux clones pendant 6 jours sur des milieux renfermant des doses variables de saccharose et de KNO_3. Une partie aliquote de chacune des cultures est ensuite diluée dans du milieu neuf, identique au milieu initial, de manière à ramener la densité cellulaire à 1.10^7 cellules/ml, puis les suspensions compatibles sont mélangées 2 à 2 et placées dans les mêmes conditions que dans l'expérience précédente. Les résultats sont peu différents de ceux obtenus au cours de la première expérience. Les fortes doses de saccharose sont mieux tolérées en présence de doses favorables de KNO_3 et l'inhibition est accentuée quand les milieux sont trop concentrés en KNO_3. Dans ces conditions, de nombreuses sporidies produisent des filaments grêles, sans doute haploïdes, de 5 à 10μm de longueur et qui ne se conjuguent pas (Planche I, Fig. 6 et 7).

En l'absence de sucre, le bourgeonnement est pratiquement nul. La multiplication végétative est optimale en présence de 20 g.l^{-1} de saccharose et d'environ 1,30 g.l^{-1} de nitrates, sans qu'on puisse observer de phénomènes de toxicité pour des concentrations plus élevées (Fig. 2).

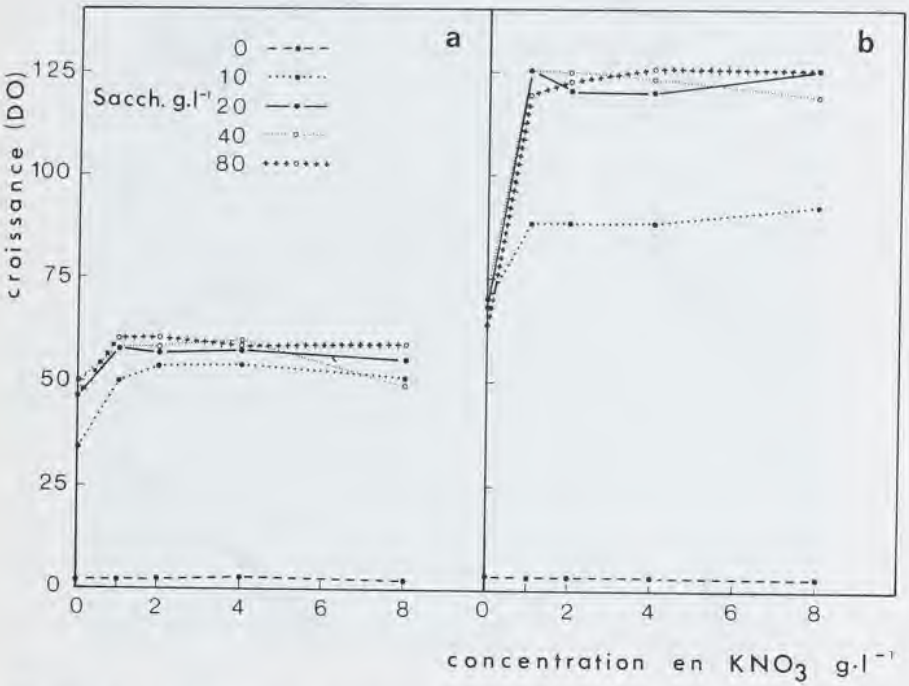


Fig. 2. — Action conjuguée de la concentration en nitrate de potassium et en saccharose sur la croissance en milieu liquide agité des cultures clonales de l'*U. v.*
La croissance est évaluée par la mesure de la D. O., 2 jours (a) et 4 jours (b) après l'ensemencement. Le milieu d'entretien renferme 20 g.l^{-1} de saccharose et 1,96 g.l^{-1} de nitrate de potassium + 0,29 g.l^{-1} de nitrate de calcium.

Source : MNHN, Paris

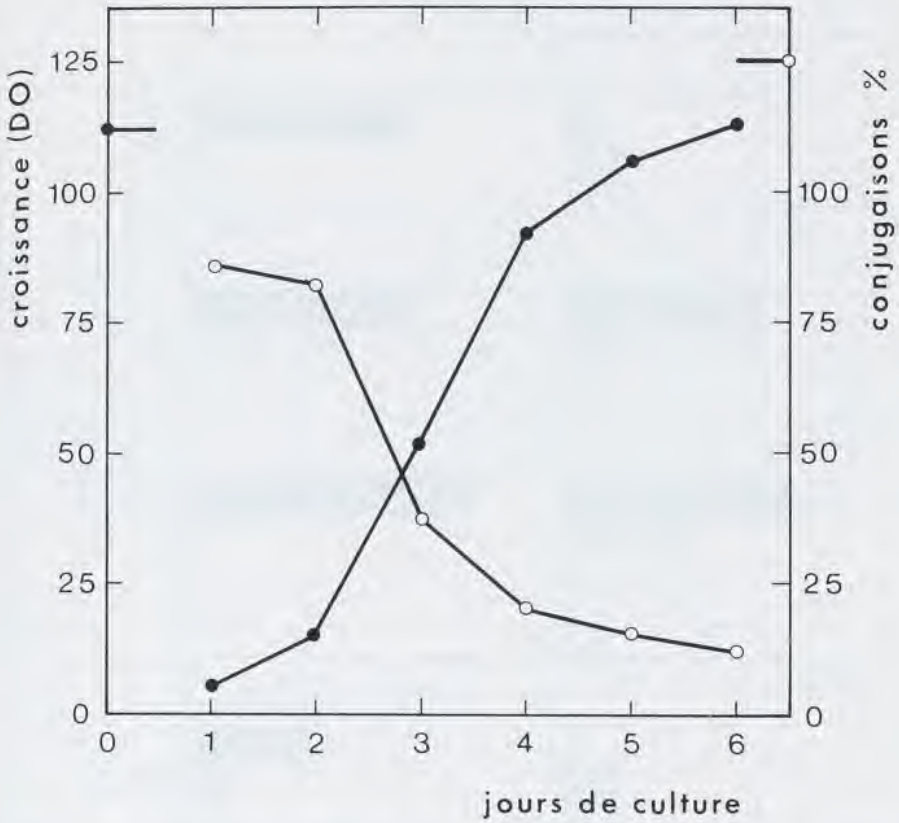


Fig. 3. — Croissance d'une culture clonale de l'*U. v.* en milieu liquide agité (-●-) et variations de l'aptitude à conjuguer (-o-). *La croissance est évaluée par la mesure de la D. O. après dilution au 1/10e; l'aptitude à conjuguer par le taux de conjugaison, 24 h après avoir mélangé les clones compatibles.*

Le rapport carbone/azote n'affecte ni le bourgeonnement ni la conjugaison des sporidies. Par contre, la concentration de ces deux éléments conditionne la reproduction sexuée. Le taux de conjugaison diminue dès que le milieu renferme plus de 20 g par litre de saccharose et plus de 150 mg par litre d'azote, sous forme de nitrates.

Les résultats obtenus montrent que la réduction de l'aptitude à conjuguer, qui se manifeste au cours du cycle de croissance des cultures clonales (Fig. 3) ne s'explique pas par le vieillissement des sporidies (Fig. 4) ou par la diminution de la teneur en carbone ou en azote du milieu (Tableau 5 et 6). L'augmentation de la densité cellulaire réduit le pourcentage de conjugaison, sans l'inhiber totalement (Tableau 4). Quant au pH, qui passe de 5,6 à 7,5 en 6 jours de culture, il modifie relativement peu le pourcentage de conjugaison. On peut donc supposer, qu'au cours de leur multiplication végétative, les sporidies

Source : MNHN, Paris

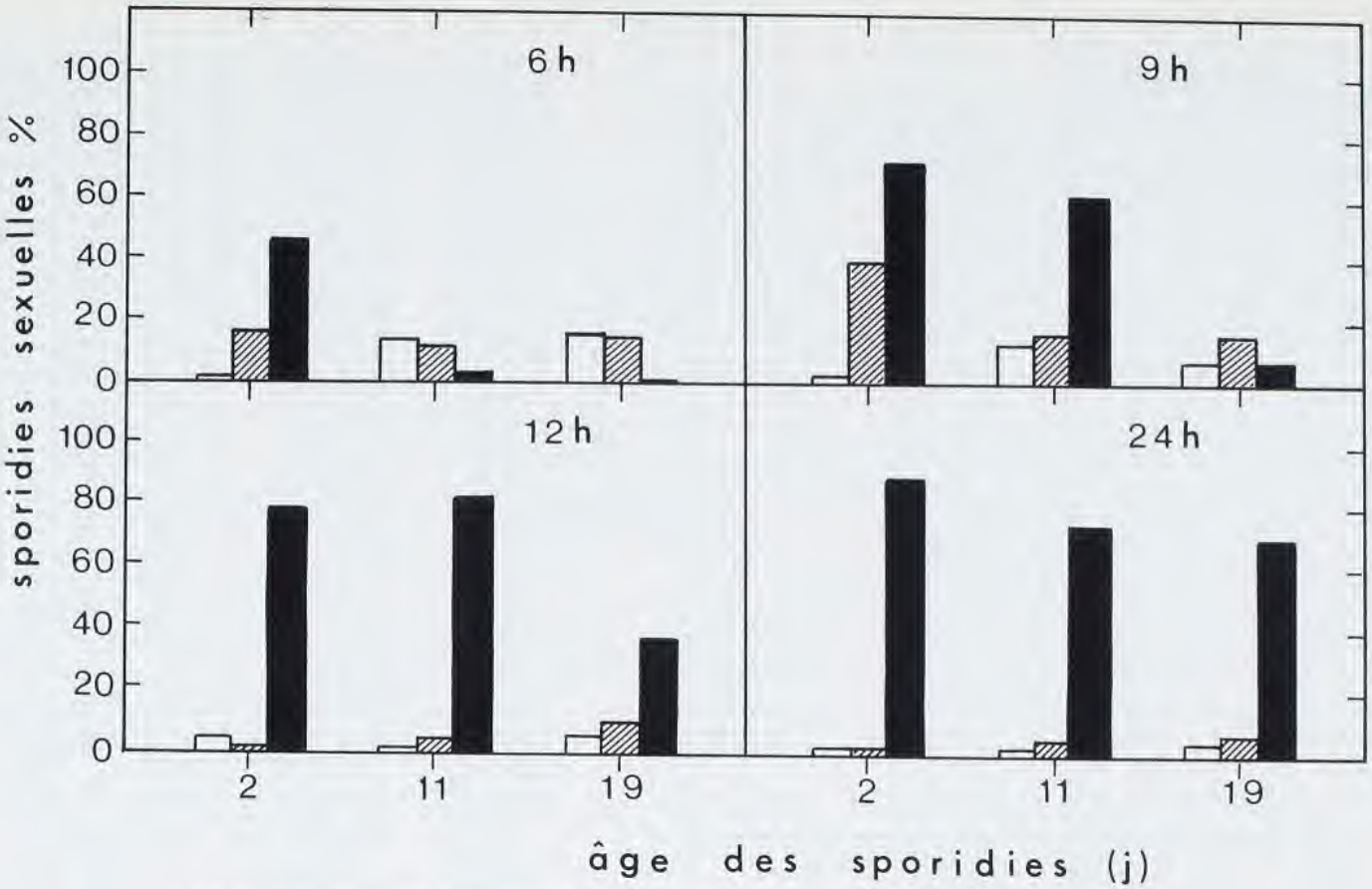


Fig. 4. — Histogramme montrant l'effet de l'âge des sporidies de l'*U. v.* sur la cinétique de la conjugaison. *Les pourcentages de cellules appariées (en blanc), accolées (en hachures) et présentant un tube de conjugaison (en noir) sont mesurées après 6, 9, 12 et 24 h de culture.*

Source : MNHN, Paris

rejettent dans le milieu des substances qui inhibent la reproduction sexuée.

6. Mise en évidence d'un facteur inhibiteur de la conjugaison dans le filtrat des cultures clonales

Des sporidies compatibles âgées de 48 h et de 10 jours sont cultivées dans les conditions favorables précédemment définies, sur 3 milieux différents : solution nutritive de Lescure (milieu d'entretien), eau distillée, filtrat d'une culture clonale ensemencée depuis 10 jours. On dénombre des taux de conjugaison élevés dans le milieu de Lescure neuf et dans l'eau distillée; par contre, le filtrat est totalement inhibiteur (Tableau 7). Des vérifications effectuées après 48 h et 3 jours montrent qu'il ne s'agit pas d'un retard mais bien d'une inhibition. Elle résulte de substances qui sont secrétées par les sporidies ou disséminées dans le milieu par suite de la lyse de certaines cellules. La concentration du facteur inhibiteur, qui augmenterait donc au fur et à mesure du vieillissement des cultures clonales, pourrait rendre compte de la réduction progressive de l'aptitude à la conjugaison.

conjugaison %		Exp. n° 1	Exp. n° 2
Milieu de culture	LESCURE neuf	76,4 ± 2,1	80,8 ± 0,3
	Filtrat de 10 jours	0	0
	Eau distillée	80,1 ± 1,2	76,3 ± 1,8

Tableau 7. — Inhibition de la conjugaison des sporidies de l'*U. v.* par le filtrat des cultures végétatives âgées de 10 jours. *L'ensemencement des microcultures mixtes est effectué avec des sporidies âgées de 48 h (Exp. n° 1) ou de 10 jours (Exp. n° 2).*

L'inhibition persiste après autoclavage du filtrat à 0,5 atmosphère pendant 25 minutes mais disparaît après dialyse (Tableau 8). Du filtrat dyalisé peut être

conjugaison %			Exp. n° 1	Exp. n° 2	Exp. n° 3
Milieu de culture	Filtrat (a)	brut	0	0	0
		autoclavé	0	0	0
		dialysé (b)	65,4 ± 5,7	22,8 ± 3,2	65,5 ± 6,4
	LESCURE neuf		–	57,6 ± 8,3	60,1 ± 4,2

Tableau 8. — Essai de caractérisation des facteurs inhibiteurs de la conjugaison.
(a) le filtrat provient de cultures clonales âgées de 7 jours (Exp. n° 1) ou de 10 jours (Exp. n° 2 et 3). (b) le volume de milieu dialysé est de 100 ml (Exp. n° 1 et 2) et de 50 ml (Exp. n° 3).

Source : MNHN, Paris

aussi favorable à la conjugaison que du milieu neuf. Toutefois, quand il provient d'une culture âgée, dont la densité cellulaire dépasse 5.10^8 cellules/ml, la restauration de la conjugaison n'est complète que lorsque le volume de filtrat dialysé est faible (50 ml pour 2 l d'eau distillée, pendant 24 h à 4°C).

L'inhibition de la reproduction sexuée doit donc être provoquée par des substances thermostables de faible poids moléculaire. Certains champignons rejetant des acides aminés dans leur milieu (REDDY et RAO, 1975), il nous a semblé intéressant de rechercher si les filtrats des cultures clonales de l'*Ustilago violacea* en renfermaient aussi. Les acides aminés libres ont été dosés par la méthode de Moore et Stein (1954) sur du filtrat lyophilisé provenant d'une culture ensemencée depuis 10 jours (1). Un gramme de filtrat sec en renferme 1,05mg, ce qui correspond à environ 15 mg d'acides aminés libres par litre de milieu. Cette quantité est très faible et l'apport d'azote qui en résulte est tout à fait insuffisant pour expliquer l'inhibition de la conjugaison. Ceci n'exclut pas qu'un ou plusieurs acides aminés puissent être inhibiteurs, même à faible dose. Il faudra, pour le vérifier, procéder à l'analyse qualitative de la fraction aminée, puis tester chacun des produits obtenus.

7. Essais de culture in vitro des filaments mycéliens issus de la conjugaison des sporidies

On observe de temps en temps, dans les microcultures, des filaments issus de la conjugaison de deux sporidies et donc supposés dicaryotiques. Le plus souvent, les filaments mycéliens se développent à partir de l'une des sporidies (Fig. 8), tandis que l'autre se vide (Pl. I, Fig. 12). Les filaments peuvent également se former à partir du tube de conjugaison (Fig. 9). Quelle que soit leur origine, leur croissance est limitée (20 à 25μm de longueur) et ils ne se ramifient pas. Beaucoup plus rarement encore, on observe des sporidies à leur base (Pl. I, Fig. 11) ou à leur partie apicale (Pl. I, Fig. 10). Pour DAY & JONES (1968), les «filaments bourgeonnants», ceux qu'ils observent le plus souvent, semble-t-il, marqueraient un retour vers un stade levuroïde haploïde ou diploïde. Il n'est cependant pas impossible qu'ils représentent des conjugaisons très anormales entre un filament présumé dicaryotique et une sporidie haploïde, car les conjugaisons à partenaires multiples ne sont pas rares (Pl. I, Fig. 2, 3 et 4) et nous avons déjà signalé que des éléments très variés étaient susceptibles de se conjuguer.

Le développement du mycélium dicaryotique et la formation des téliospores ont déjà été obtenus dans des fragments de tiges de *Silene dioica* et *alba* cultivés in vitro (BATCHO & ZAMBETTAKIS, 1975; BATCHO & DUBOIS, 1975). Par contre, la culture associée d'un mélange de sporidies + et – (souche 74-00) et de colonies tertiaires de Silène a jusqu'à présent échoué. Les sporidies qui ne se conjuguent pas se multiplient très rapidement, envahissent la surface du

(1) Nous remercions M. le Prof. KREMBEL d'avoir bien voulu doser les acides aminés présents dans le filtrat.

Source : MNHN, Paris

milieu gélosé et inhibent la croissance des tissus de la plante-hôte. Une semaine après l'ensemencement, la densité des sporidies bourgeonnantes est telle que l'observation des conjugaisons et la recherche d'éventuels filaments mycéliens devient très difficile.

La culture associée en goutte pendante de sporidies compatibles (souche 74-00) et de cellules isolées de Silène est plus intéressante car elle permet de suivre régulièrement le comportement de deux partenaires. Dans une goutte de milieu de Lescure neuf, les cellules de la plante hôte demeurent vivantes pendant une semaine environ; les sporidies, jusqu'au dessèchement du milieu, qui survient généralement après une quinzaine de jours. La formation des filaments mycéliens est très irrégulière, et leur nombre varie beaucoup selon les cultures : 5 ou 6 dans les cas les plus favorables, le plus souvent 1 ou 2, parfois pas du tout. Bien que certains filaments se forment à partir de sporidies conjuguées situées à proximité des cellules de Silène, nous n'avons jamais observé de contact entre le parasite et les cellules de l'hôte. De nouvelles cultures associées, réalisées dans une goutte de filtrat prélevé dans des suspensions cellulaires de *S. a.* âgées de 10 jours, présentent des pourcentages de conjugaison plus élevés et renferment davantage de filaments mycéliens. Les faibles teneurs en carbone et en azote du filtrat conditionné expliquent probablement la forte stimulation qu'il exerce sur la conjugaison. Il est possible qu'elles favorisent également l'induction des filaments mycéliens; cette dernière pouvant également être favorisée par des substances secrétées par les cellules de la plante hôte et rejetées dans le milieu. Quelle que soit la solution nutritive utilisée, la croissance des filaments mycéliens s'arrête dès qu'ils mesurent 20 ou 30 μm.

CONCLUSION

Les cultures clonales de sporidies secondaires de l'*U. v.*, entretenues en milieu liquide agité depuis plus de 18 mois gardent la possibilité de se conjuguer quand on les mélange dans des conditions favorables. Les taux de conjugaison les plus élevés sont obtenus lorsque des sporidies repiquées depuis 24 ou 48 h sont associées à une densité cellulaire initiale d'environ 5.10^6 cellules/ml, dans un milieu liquide relativement peu concentré en sucre (10 à 20 g/l de saccharose) et en azote (environ 150 mg/l). La lumière blanche a peu d'effet sur la conjugaison; les températures supérieures à 17,5 °C sont défavorables.

Le filtrat des cultures végétatives âgées est totalement inhibiteur. Cet effet n'est pas dû à une simple modification du pH, ni à l'épuisement du milieu; il est provoqué par des substances thermostables et dialysables rejetées par les sporidies végétatives.

Les conditions de culture préconisées ci-dessus permettent d'obtenir, en 24 h, de très nombreuses conjugaisons axéniques dont le pouvoir infectieux a été démontré sur des cultures in vitro de plantules et de fragments de tiges de Silène. Le pourcentage de sporidies conjuguées produisant un filament

Source : MNHN, Paris

mycélien est très faible. Les meilleurs résultats ont été obtenus dans du milieu de Lescure préalablement conditionné par une culture cellulaire de *Silene alba*. La croissance des filaments est très limitée : elle s'arrête dès qu'ils mesurent 20 ou 30 μm.

BIBLIOGRAPHIE

ATKINS F. C., 1966 – Mushroom growing to-day. Faber and Faber, London.

BATCHO M. & DUBOIS J., 1975 – Développement de l'*Ustilago violacea* (Pers.) Rouss. dans les fragments de tige du *Silene alba* (Miller) E. H. L. Krause cultivés in vitro. *C. R. Acad. Sci. Paris* 281, D : 399-402.

BATCHO M. & ZAMBETTAKIS C., 1975 – Obtention in vitro de fleurs parasitées du *Silene dioica* (L.) Clair. par l'*Ustilago violacea* (Pers.) Rouss. *Bull. Soc. myc. Fr.* 91 : 225-229.

BAUCH R., 1922 – Ueber Kopulationsbedingungen und sekundäre Geschlechtsmerkmale bei *Ustilago violacea. Biol. Zentralbl.* 42 : 9-38.

CHADEFAUD M., 1960 – Traité de Botanique, T. 1, Masson et Cie, Paris.

CHADEFAUD M., 1963 – Les champignons, in Précis de Sciences biologiques - Botanique : 251-403, Masson et Cie, Paris.

COUVY J., 1973 – La croissance du mycélium végétatif et la fructification chez *Agaricus sylvicola* Fries. Influence de la teneur en sucre du milieu. *C. R. Acad. Sci. Paris* 277, D : 917-920.

CUMMINS J. E. & DAY A. W., 1973 – Cell cycle regulation of mating type alleles in the smut fungus *Ustilago violacea. Nature* (London) 245 : 259-260.

CUMMINS J. E. & DAY A. W., 1974 – The cell cycle regulation of sexual morphogenesis in a Basidiomycete, *Ustilago violacea*, in PADILLA G. M., CAMERON I. L. & ZIMMERMAN Z., Cell cycle controls : 181-200. Academic Press, New York, San Francisco, Londres.

DAY A. W. & DAY L. L., 1974 – The control of karyogamy in somatic cells of *Ustilago violacea. J. Cell. Sci.* 15 : 619-632.

DAY A. W. & JONES J. K., 1968 – The production and characteristics of diploids in *Ustilago violacea. Genet. Res. Camb.* 11 : 63-81.

DEHORTER B., 1972 – Biologie et Physiologie de la reproduction sexuée de *Nectria galligena* Bres. Thèse 3ème Cycle, n° 351, 149 p., Lille.

DUBOIS J., 1975 – Analyse quantitative de la croissance d'une culture de cellules du *Silene alba* (Miller) E. H. L. Krause. *Bull. Soc. bot. Fr.* 122 : 269-280.

FAYRET J., 1967 – Action de la température et de la lumière sur la multiplication asexuée et la reproduction sexuelle de *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. et de Not. en culture pure. *C. R. Acad. Sci. Paris* 265 : 1897-1900.

FLEGG P. B., 1968 – Response of the cultivated mushroom to temperature at various stages of crop growth. *J. Hort., Sci.* 43 : 441-452.

HALL R., 1971 – Effect of carbon-nitrogen ratios on production of perithecia by *Sordaria fimicola. Canad. J. Microbiol.* 17 : 132-134.

Source : MNHN, Paris

HENRIKSSON L. E. E. & MORGAN-JONES J. F., 1951 — The effect of temperature, pH and malt extract upon growth and perithecial development of two *Gnomonia* species. *Svensk. bot. Tidsk.* 45 : 648-656.

HUTSON H. H. & CUTTER W. M., 1951 — The isolation and culture of *Gymnosporangium Juniperi-virginianae* Schw. upon artificial medium. *Proc. nat. Acad. Sci., U.S.A.* 37 : 400-403.

INGOLD C. T. & DRING V. G., 1957 — An analysis of spore discharge in *Sordaria. Ann. Bot.* (London) 21 : 465-477.

KNIEP H., 1919 — Untersuchungen über den Antherenbrand (*Ustilago violacea* Pers.). Ein Beitrag zum Sexualitätsproblem. *Zeitschr. f. Bot.* 11 : 257-284.

LACOSTE L., 1965 — Biologie naturelle et culturale du genre *Leptosphaeria* Cesati et de Notaris. Déterminisme de la reproduction sexuelle. Thèse, 234 p., Toulouse.

LESCURE A. M., 1969 — Mutagenèse et sélection de cellules d'*Acer pseudoplatanus* L. cultivées in vitro. *Physiol. vég.* 7 : 237-250.

MANACHERE G., 1967 — Déroulement de la fructification de *Coprinus congregatus* Bull. ex Fr. en relation avec les conditions d'éclairement. *Bull. Soc. myc. Fr.* 83 : 257 285.

MEHROTRA B. S., 1968 — Phylogeny of the Ustilaginales. A review. *Mycopath. Mycol. appl.* 36 : 228-232.

MOORE S. & STEIN W., 1954 — Procedures for the chromatographic determination of amino-acids on four per cent cross-linked sulfonated polystyrene resins. *J. Biol. Chem.* 211 : 893-906.

POON N. H., MARTIN J. & DAY A. W., 1974 — Conjugation in *Ustilago violacea* I. Morphology. *Canad. J. Microbiol.* 20 : 187-191.

REDDY M. N. & RAO A. S., 1975 — Amino acids in mycelium and culture filtrates of *Rhizoctonia solani. Trans. Br. mycol. Soc.* 64 : 527-528.

TUREL F. L. M., 1964 — Saprophytic development of the flax rust *Melampsora lini*, race n° 3. *Canad. J. Bot.* 47 : 821-823.

VIENNOT-BOURGIN G., 1964 — Systématique des Champignons parasites des plantes. C.D.U. et S.E.D.E.S. réunis, Paris.

WILLIAM P. G., SCOTT K. J., KUHL J. L. & MACLEAN D. T., 1967 — Sporulation and Pathogenicity of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, grown on an artificial medium. *Phytopathology* 57 : 326-327.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

L'ONTOGENIE ET LA STRUCTURE DES PERITHECES DE FAURELINA FIMIGENES LOCQUIN-LINARD

par A. PARGUEY-LEDUC (1) & M. LOCQUIN-LINARD (2)

RÉSUMÉ. — L'étude ontogénique de cet Ascomycète périsporié (sans col, ni ostiole), non plectacé, a permis de confirmer l'originalité de cet Ascoloculaire et de faire une analyse détaillée de la formation des asques à partir de «dangeardies itératives».

Dans une précédente publication, l'une de nous (1975) a décrit un genre nouveau : *Faurelina*, Pyrénomycète coprophile observé plusieurs fois sur crottes d'herbivores provenant du Tchad. Une seule espèce, le *F. fimigenes* est jusqu'ici connue; toutefois, il semblerait que le *Leuconeurospora elongata* décrit par UDAGAWA & FURUYA (1973) puisse être rapproché de cette espèce.

Les caractères tout à fait originaux des ascocarpes de *F. fimigenes* et de ses asques, ainsi que l'incertitude qui demeure quant à sa position systématique, nous ont incitées à suivre de façon précise l'ontogénie des périthèces. Cette étude a été facilitée par l'obtention relativement aisée de périthèces en culture pure. Les primordiums, une dizaine de jours après l'ensemencement, ont été observés directement sur des cultures sur lames. Par contre, l'observation des stades suivants a été faite sur des coupes en série, pratiquées dans des fragments de cultures prélevées régulièrement depuis la différenciation des ébauches périthéciales (vers le 12ème jour) jusqu'à la maturation complète des périthèces. Nous avons employé la fixation au Westbrook et la coloration à l'hématoxyline-éosine.

(1) Laboratoire de Cryptogamie, Université P. et M. Curie, 9 Quai Saint-Bernard, 75005 Paris.

(2) Laboratoire de Cryptogamie du M.N.H.N., 12 rue de Buffon, 75005 Paris — L.A. 257 (C.N.R.S.).

Source : MNHN, Paris

I. LES PRIMORDIUMS ET LES EBAUCHES DES PERITHECES

Les cultures sur lames ont permis de suivre de façon dynamique et continue l'évolution des primordiums (la Figure 1 montre les stades successifs d'un même primordium observé plusieurs jours de suite). En règle générale, en certains points privilégiés du mycélium, se forment des cloisons transversales (A) délimitant des cellules plus ou moins globuleuses, à parois pigmentées, qui très rapidement produisent des bourgeons hyalins. Au stade suivant (B) apparaissent de rares cloisons longitudinales tandis que les bourgeons hyalins s'allongent de plus en plus par leur partie sommitale, qui est encore hyaline et à paroi mince, alors que leur partie basale s'épaissit et brunit (C). Les primordiums ainsi constitués se rattachent très nettement au type stromato-glomérulaire tel que nous l'avons défini (A. PARGUEY-LEDUC, 1966).

Puis les filaments, tout en continuant leur croissance, se cloisonnent et enveloppent très rapidement les cellules génératrices : le primordium se transforme ainsi en une jeune ébauche globuleuse, dont la structure ne peut désormais

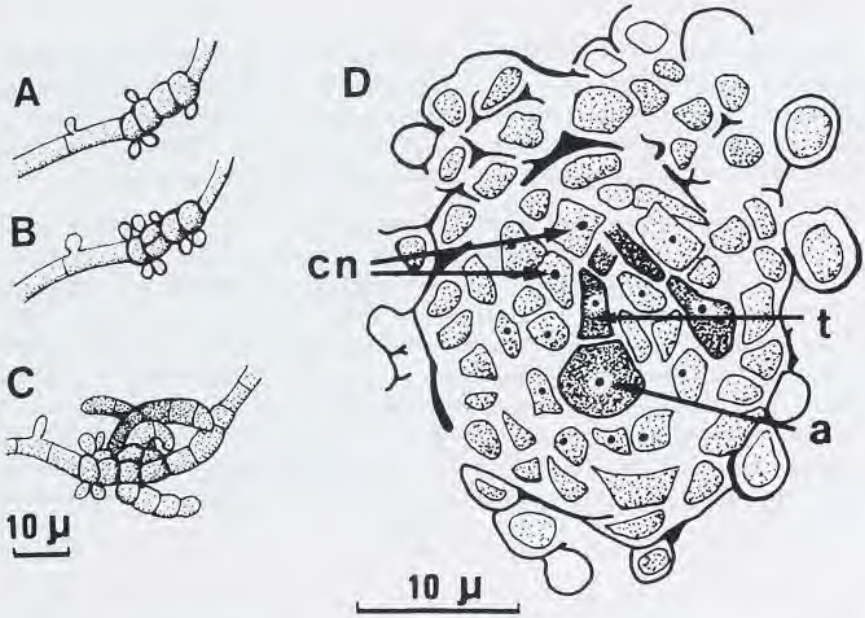


Fig. 1. — A, B, C, Évolution d'un même primordium (type stromato-glomérulaire). D, ébauche périthéciale à paroi peu marquées; *cn* : nid de cellules nourricières uninucléées; *a* : ascogone uninucléé; *t* : trichogyne pluricellulaire.

Source : MNHN, Paris

être observée que sur des coupes en série. Son organisation interne ne présente d'ailleurs, au début, aucune particularité : elle est uniquement constituée par une masse de cellules uninucléées, entourée d'une enveloppe encore peu individualisée. Mais, dès le stade suivant (Fig. 1, D) apparaissent, au milieu du nid central de cellules uninucléées, à rôle probablement nourricier (*cn*), un ou plusieurs ascogones volumineux (*a*), uninucléés, surmontés chacun d'un trichogyne (*t*) pluricellulaire. Celui-ci est généralement dressé (Fig. 1, D), mais il peut également être enroulé (Fig. 2). De toutes façons, il n'a qu'une existence éphémère; il disparaît dès que s'organise le carpocentre (= centre fertile).

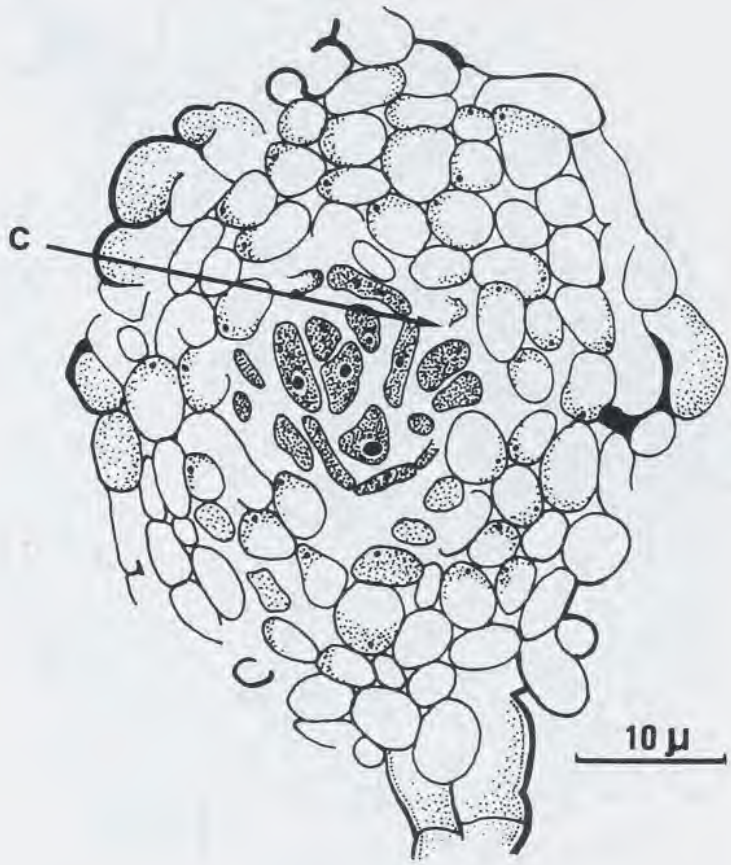


Fig. 2. — Ébauche périthéciale (suite). *c* : cavité carpocentrale résultant de la lyse des cellules nourricières.

Source : MNHN, Paris

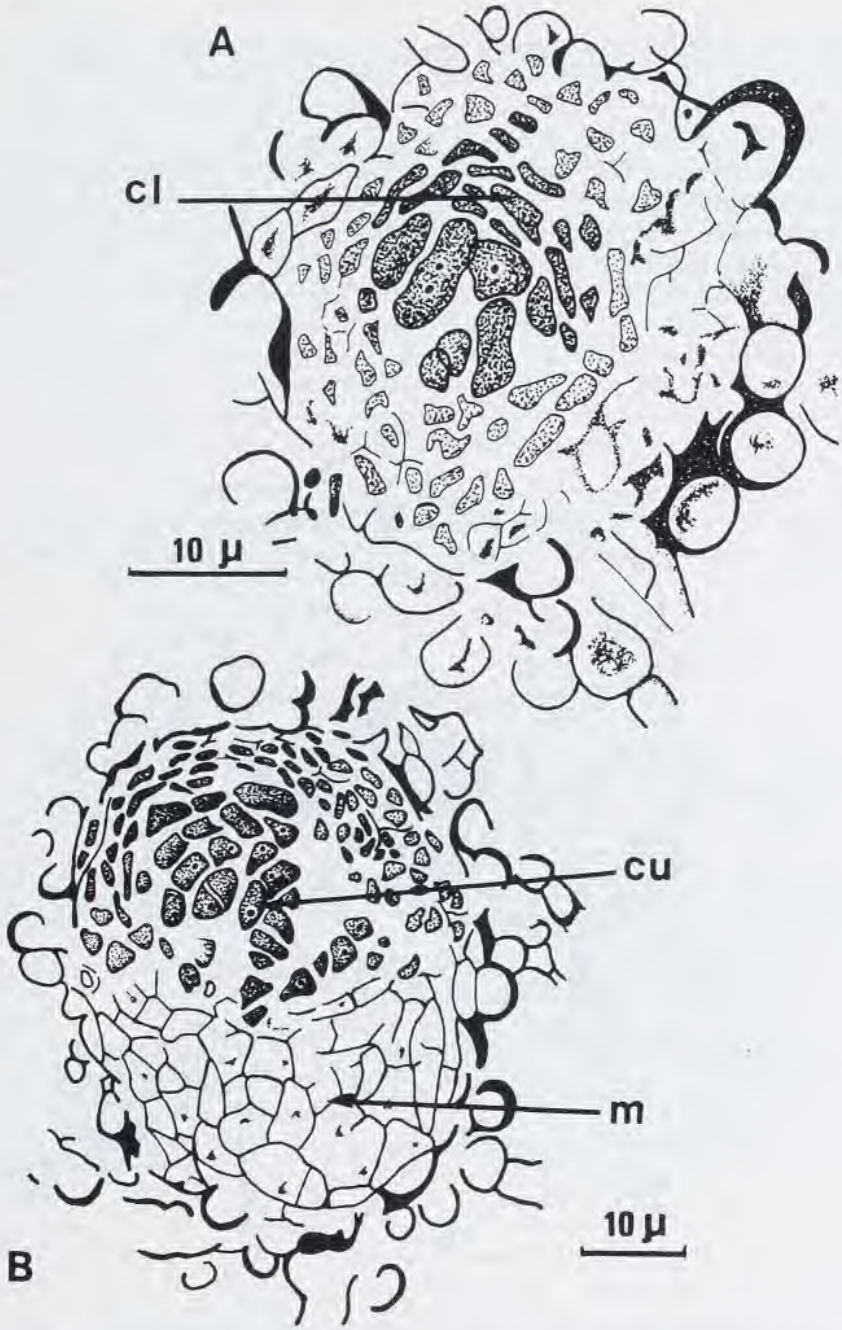


Fig. 3. — Ébauches périthéciales (suite). A, *cl* : cellules méristématiques de la cloche sushyméniale. B, *m* : ménisque sous-hyménial; *cu* : cellules sporophytique uninucléée.

Source : MNHN, Paris

II. LES PERITHECES JEUNES

Autour des cellules fertiles femelles (= les ascogones), et de leurs trichogynes, se produit une lyse des cellules nourricières, entraînant la formation d'une cavité (Fig. 2, C). Mais, cette lyse ne touche pas les cellules carpocentrales supérieures qui ont une destinée privilégiée (Fig. 3, A) : au lieu de disparaître elles s'aplatissent et deviennent très chromophiles, ressemblant ainsi étrangement, de par leur origine et de par leur forme, aux cellules méristématiques de la cloche sus-hyméniale, caractéristique des Ascoloculaires. Mais le rôle de cette cloche

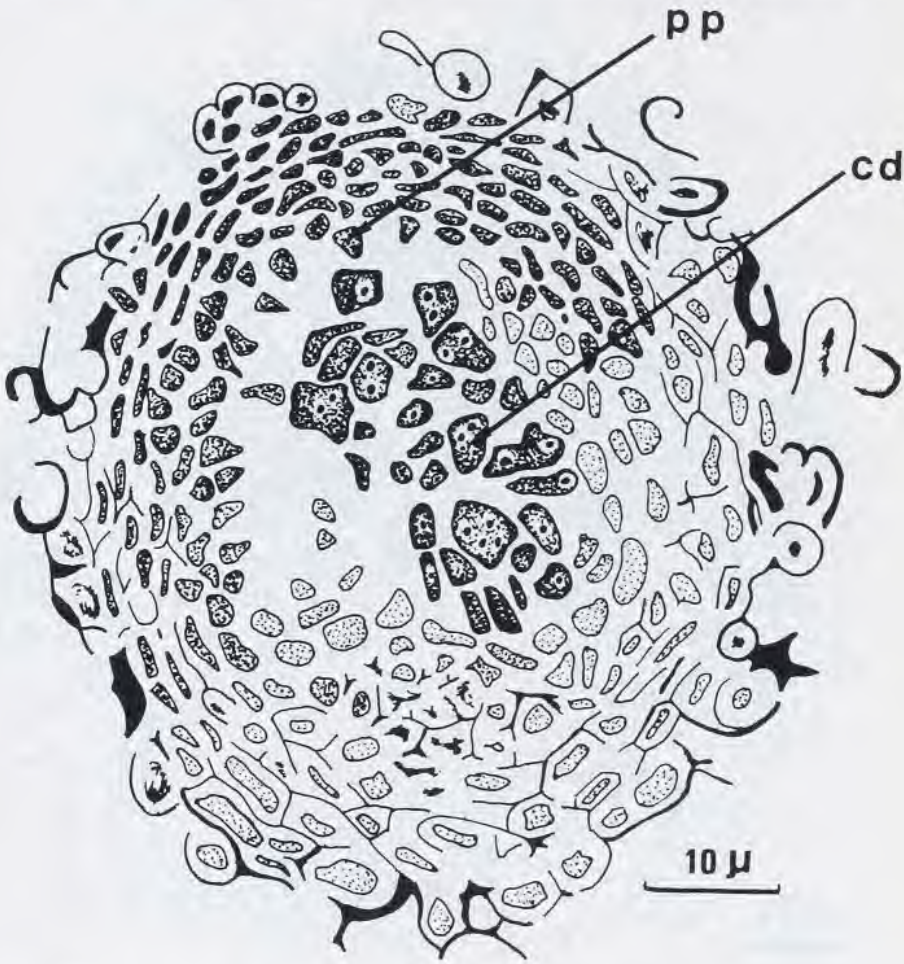


Fig. 4. – Ébauche périthéciale (fin). *cd* : cellule sporophytique dicaryotique; *pp* : pseudo-paraphyse.

Source : MNHN, Paris

(*cl*) reste très réduit chez le *Faurelina* : en effet, les périthèces demeurant clos et dépourvus de col, elle ne peut engendrer des périphyses; par contre, certaines de ses cellules se divisent et produisent, vers la cavité, des cellules coniques (Fig. 4 et 5) semblables aux cellules-mères des pseudo-paraphyses (*pp*) classiques chez les Ascoloculaires. Toutefois, cette ressemblance s'arrête à ce stade, car il n'y a pas d'autres divisions et par conséquent pas de véritables pseudo-paraphyses. On peut tout au plus les considérer comme des pseudo-paraphyses abortives, qui disparaissent d'ailleurs très précocement.

Les cellules carpocentrales inférieures, par contre, forment une masse mal définie, que l'on peut interpréter comme un ménisque sous-hyménial (Fig. 3, B, *m*). Entre ce dernier et la cloche sus-hyméniale, se groupent les grosses cellules sporophytiques provenant de la division des ascogones; d'abord uninucléées,

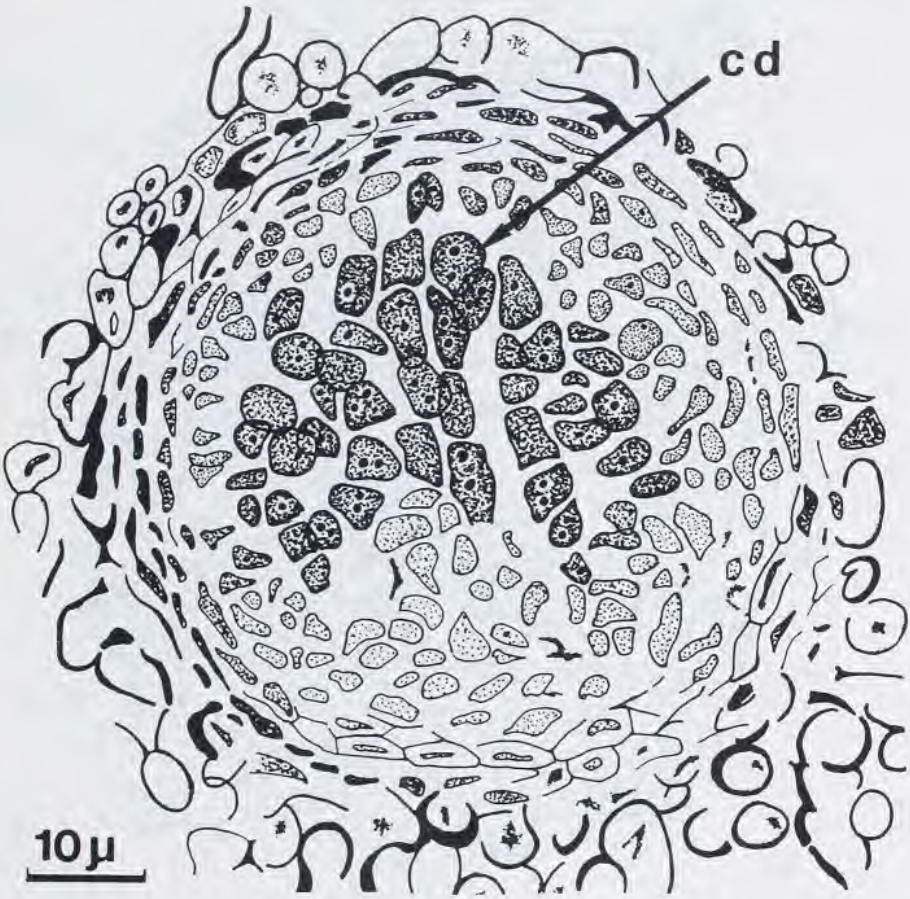


Fig. 5. — Jeune périthèce. *cd* : cellules dicaryotiques.

Source : MNHN, Paris

(Fig. 3, B, *cu*), ces cellules deviennent ensuite binucléées, et leurs deux noyaux, qui demeurent bien individualisés, forment un dicaryon (Fig. 4, D, *cd*). Ensuite, les divisions s'accélèrent : les dicaryons se divisent synchroniquement et les nouveaux couples dicaryotiques ainsi obtenus sont rapidement séparés les uns des autres, par la formation de cloisons transversales.

Ce phénomène se localise au niveau des cellules périphériques du massif sporophytique, dont chacune engendre, au-dessus d'elle, une cellule-fille binucléée. Par ses divisions successives, elle produit ainsi une file de cellules dicaryotiques, dont la plus âgée est au sommet de la file. Chaque file dicaryotique

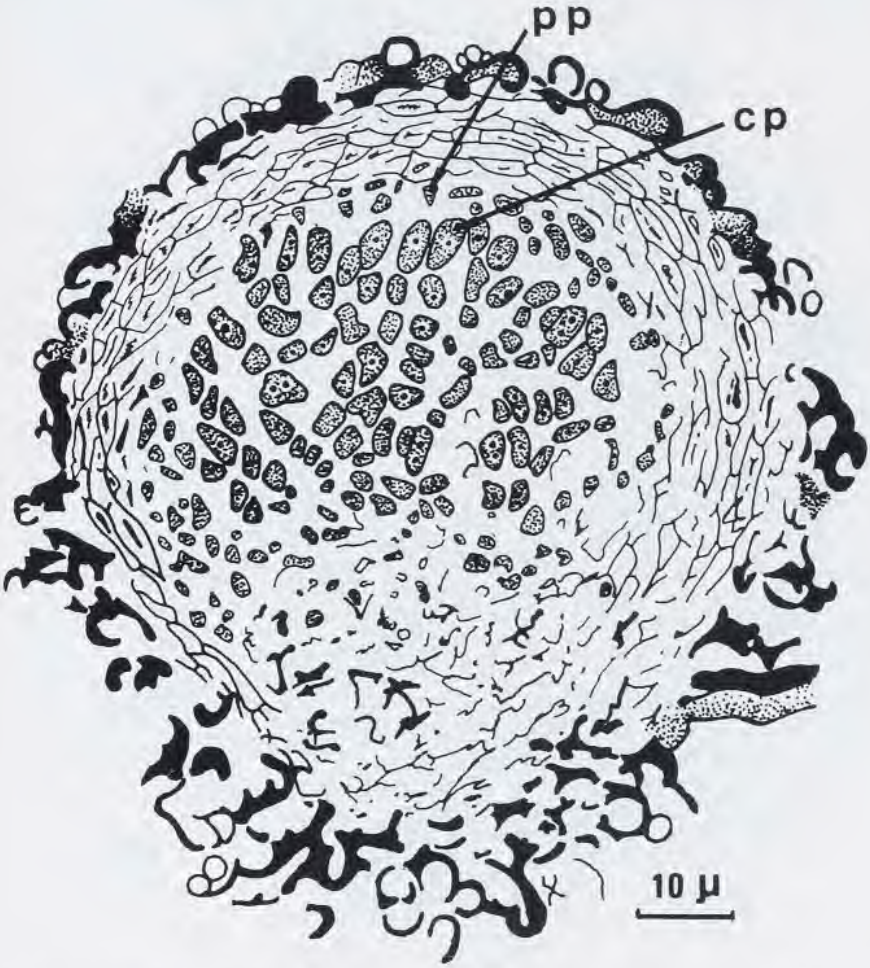


Fig. 6. — Jeunes périthèces (suite). *cp* : cellules pro-ascales ou jeunes asques; *pp* : pseudo-paraphyse.

Source : MNHN, Paris

(Fig. 5, *cd*) ainsi engendrée constitue, avec sa cellule génératrice basale, ce que CHADEFAUD (1973) a appelé une «dangeardie itérative».

L'appareil sporophytique se trouve ainsi constitué par un bouquet divergeant de telles dangeardies, prenant appui sur le ménisque sous-hyménial (Fig. 5). Ensuite, quand le nombre de leurs cellules est d'environ dix, celles-ci commencent à devenir des cellules proascales, dont chacune se transforme en un asque par le mécanisme classique : fusion des deux noyaux du dicaryon en un gros noyau diploïde; mitose donnant, à partir de celui-ci, huit noyaux sporaux haploïdes; délimitations d'une ascospore autour de chacun de ceux-ci (Fig. 6, 7 et 9 B).

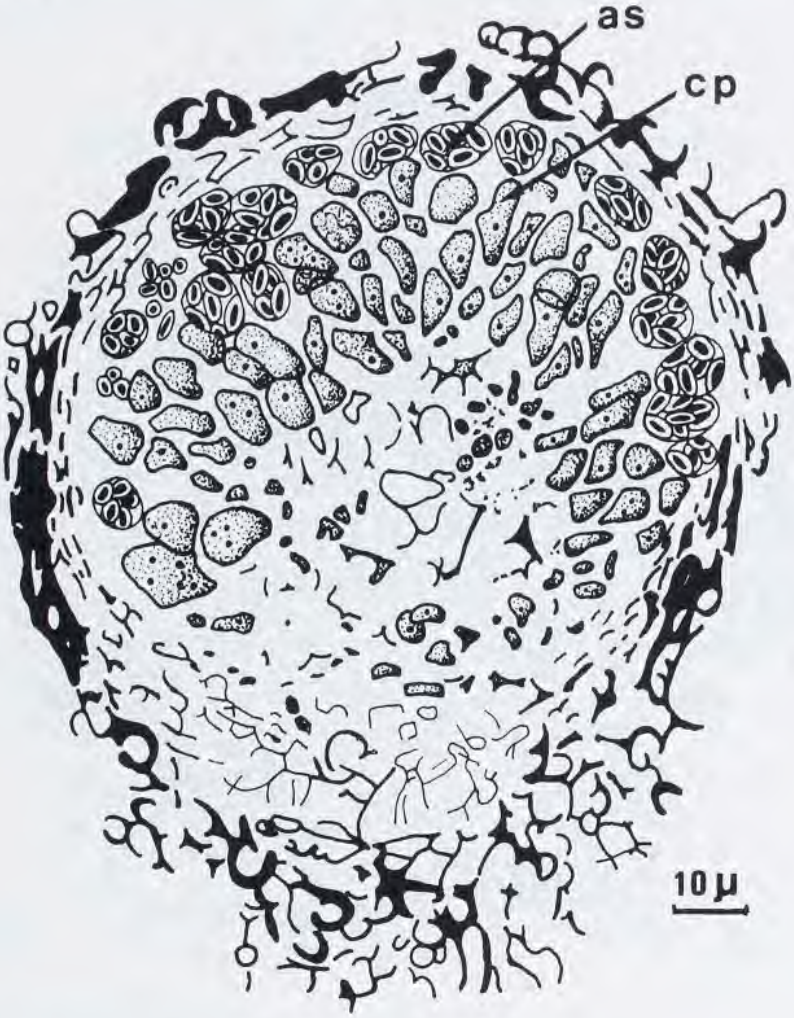


Fig. 7. — Jeune périthèce (suite). *cp* : cellule pro-ascale ou jeune asque; *as* : asque.

Source : MNHN, Paris

Cependant, la Figure 6 montre qu'une correction doit être ajoutée à ce qui précède, car les files de cellules dicaryotiques paraissent capables de se ramifier. Il semble donc que certaines de ces cellules, au lieu ou avant de devenir des cellules proascales, fonctionnent comme cellules-mères de dangeardies secondaires, ayant l'aspect de ramifications de dangeardies primaires.

Quoi qu'il en soit, la transformation des cellules dicaryotiques en cellules proascales, puis en asques, commence par la cellule distale de chaque dangeardie, c'est à dire la plus âgée, puis gagne de proche en proche les autres cellules de la file. Il en résulte la réalisation de colonnes d'asques à tous stades de développement : les plus âgées, contenant huit ascospores adultes, se trouvant à la périphérie, sous la paroi du périthèce (Fig. 7), les plus jeunes, au contraire encore uninuclées, se situant à la base des files, sur le ménisque sous-hyménial convexe.

A ce stade, la cloche sus-hyméniale et les pseudo-paraphyses abortives se sont résorbées; le ménisque sous hyménial convexe est également en voie de

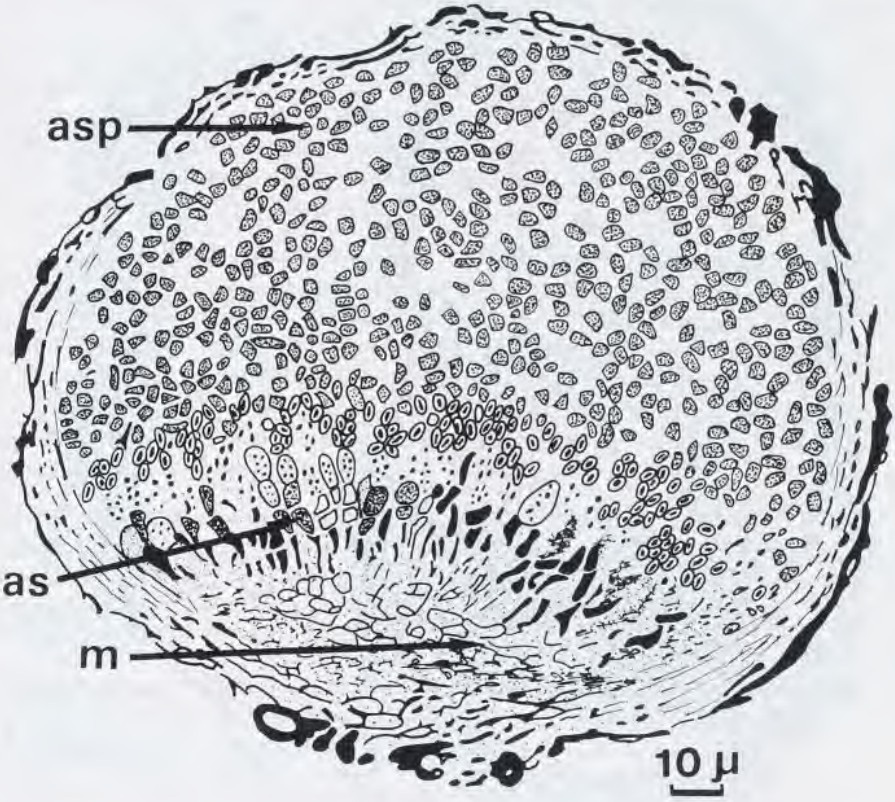


Fig. 8. – Périthèces adultes (en culture). *as* : asques; *asp* : ascospores libres; *m* : ménisque sous-hyménial.

Source : MNHN, Paris

désorganisation. La paroi, formée de plusieurs couches de cellules, devient de plus en plus carbonacée.

III. LES PERITHECES ADULTES

Au stade adulte, les périthèces demeurent parfaitement clos; ils sont donc typiquement périsporiés. Leur forme varie selon le support sur lequel ils apparaissent. En culture, ils sont toujours globuleux, et généralement portés par un pied court (Fig. 8), alors que lorsqu'ils se développent directement sur les crottes réhydratées, ils sont plus ou moins cylindriques (Fig. 9, H). Le ménisque sous-hyménial, repoussé vers le bas par la masse grandissante d'ascospores

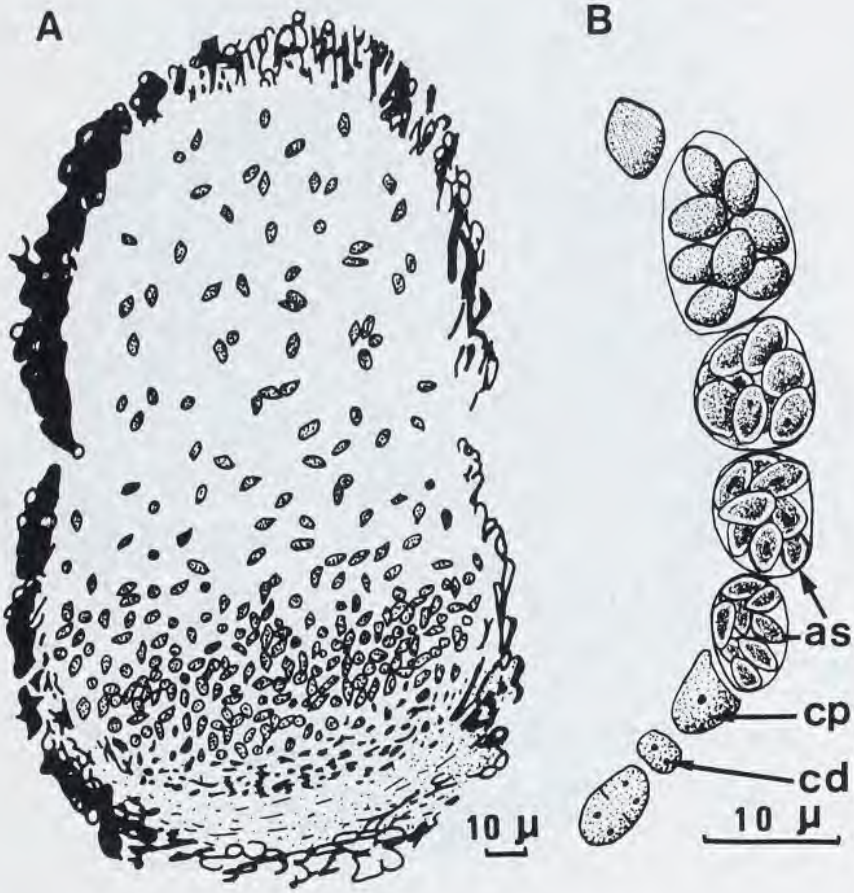


Fig. 9. — A, périthèce adulte (développé sur crotte). B, formation des asques par dangeardies itératives. *cd* : cellules dicaryotiques; *cp* : cellule pro-ascale; *as* : asques.

Source : MNHN, Paris

libres (Fig. 8 : *asp*), s'aplatit en une lame (*m*). A sa surface sont encore visibles de courtes colonnes d'asques en voie de maturation (*as*), les plus âgées libérant progressivement leurs ascospores dans la cavité sus-jacente. La masse sporale augmente donc progressivement et exerce finalement une pression telle que la paroi du périthèce se rompt, quelquefois circulairement (Fig. 9, A), mais le plus souvent irrégulièrement.

IV. LES ASQUES

Comme nous l'avons vu plus haut, les asques dérivent de «dangeardies itératives», *sensu* CHADEFAUD (1973) dans lesquelles les cellules proascales sont disposées en files. En conséquence, les asques demeurent groupés en colonnes jusqu'à leur maturation. Ensuite, ils se dissocient.

La production d'asques est continue pendant toute la maturation du périthèce; elle ne cesse que lorsque le périthèce éclate et se désorganise. En effet, dans chaque dangeardie, la cellule basale se divise continuellement et par là même engendre sans arrêt de nouvelles cellules à dicaryon, progressivement repoussées vers le haut. Mais il faut bien remarquer que, dans chaque colonne, le nombre d'éléments demeure sensiblement constant (de 7 à 10 environ) car, en même temps que naissent de nouvelles cellules dicaryotiques à la base, avec une même périodicité les asques mûrs, à l'autre extrémité de la colonne, libèrent leurs spores en se désorganisant, puis disparaissent.

Sur la colonne représentée figure 9, A, il est aisé de suivre la progression de la maturation des asques; de bas en haut, on peut observer successivement : des cellules à dicaryon, en division ou non, puis une cellule pro-ascale uninuclée; enfin des asques dans lesquels se différencient les ascospores, au nombre de huit. Celles-ci, d'abord hyalines et en forme de navette, deviennent subelliptiques : leur paroi s'épaissit, prend une teinte cuivrée, et s'orne de fines côtes longitudinales, bien révélées par le microscope à balayage. Leur taille adulte atteint alors environ 4 × 6 μm.

Lorsque les ascospores mûrissent, les asques adultes mesurent 10 × 15μm, et se détachent progressivement les uns des autres, ce qui entraîne un arrondissement de leur partie sommitale. En même temps, leur paroi s'amincit et disparaît complètement, permettant la libération des ascospores dans la cavité périthéciale.

Ce type de formation des asques, à partir de «dangeardies itératives», particulièrement remarquable, ne semble pas fréquent et n'a été décrit que chez un nombre très limité d'espèces.

Chez les Caliciales (Lichens ascohyméniaux) SCHMIDT (1970) a décrit également des files d'asques, mais elles ne proviennent pas de dangeardies itératives : chacune dérive d'une hyphe dicaryotique classique, pourvue ou non d'anses latérales; les cellules de cette hyphe se transforment en asques toutes

Source : MNHN, Paris

en même temps, et non pas en ordre basipète, comme chez le *Faurelina* (cf. CHADEFAUD, 1974-1975).

Chez les *Ceratocystis* (MOREAU, 1952; et MUGNIER, inédit), Pyrénomycètes ascohyméniaux, les asques peuvent se former de plusieurs façons, à savoir :

a) suivant le schéma classique, à partir de crochets dangeardiens,
b) à partir d'une cellule ascogène se subdivisant en cellules ascogènes-filles, chacune productrice d'un asque pédicellé,
c) enfin, et c'est le cas qui nous intéresse ici, par le jeu de «dangeardies itératives» typiques.

Chez les *Chadefaudiella* (FAUREL & LOCQUIN-LINARD, 1972, et LOCQUIN-LINARD, 1973), les cellules-mères, claviformes, s'allongent puis se divisent transversalement au niveau d'un étranglement : la cellule supérieure se transforme en cellule pro-ascale, tandis que la cellule inférieure conserve son rôle de cellule-mère et fonctionne à nouveau, suivant le même processus. On retrouve ainsi des «dangeardies itératives» productrices d'asques disposés en chaînes verticales.

Mais alors que chez les *Ceratocystis* et les *Chadefaudiella*, par suite de la fusion très rapide des composants des dicaryons, les cellules dicaryotiques se transforment immédiatement en cellules pro-ascales, chez le *Faurelina* les cellules dicaryotiques persistent un long moment avant que n'intervienne la fusion nucléaire (Fig. 5 et 6).

V. DISCUSSION

Les caractères tout à fait originaux des périthèces et des asques du *Faurelina fimigenes* ne permettent guère de rapprochements avec une famille quelconque d'Ascomycètes.

Toutefois :

1. – Il s'agit sans nul doute d'un Pyrénomycète car les asques sont contenus dans un périthèce parfaitement différencié.

2. – C'est un Pyrénomycète ascoloculaire; en effet :

- le primordium du périthèce est de type stromato-glomérulaire et produit une ébauche dans laquelle ne se différencient que secondairement les ascogones et leurs trichogynes,
- à la partie supérieure du carpocentre s'organise une cloche sus-hyméniale dont le méristème ne joue d'ailleurs qu'un rôle très restreint : il ne produit pas de périphyses et les pseudo-paraphyses demeurent unicellulaires, donc rudimentaires, avant de disparaître rapidement.

3. – C'est un Périsporié, car ces périthèces, globuleux ou cylindriques suivant leur substrat, demeurent parfaitement clos et tout à fait dépourvus d'appareil

Source : MNHN, Paris

ostiolaire : les ascospores sont libérées après simple déchirure de la paroi périthéciale. Par contre, il ne s'agit pas d'un Plectascé car les asques ont une orientation particulièrement privilégiée. Les chaînes d'asques coiffent un ménisque sous-hyménial convexe et sont par conséquent divergentes.

Parmi les Pyrénomycètes périsporiés, on distingue généralement deux groupes :

– les Erysiphales, périsporiées et non plectascées, qui sont typiquement ascohyméniales : en effet, à la base des filaments sexuels, d'abord nus, apparaisent des filaments recouvrants dont l'ensemble forme ensuite une ascothécie vraie. Le *F. fimigenes*, ascoloculaire, ne peut donc être rapproché de cet ordre.

– les Eurotiales, qui sont également ascohyméniales, mais en outre plectascées, ce qui est encore moins le cas du *F. fimigenes*.

Mais à côté de ces Périsporiés ascohyméniaux, existent quelques rares exemples de Périsporiés ascoloculaires (von ARX, 1973) qu'il nous faut maintenant comparer au *F. fimigenes*. C'est le cas, entre autre, des *Zopfia*, mais chez le *Z. nicotiae* (Parguey-Leduc) Hawksworth et Booth, que l'une de nous a eu la possibilité d'étudier (PARGUEY-LEDUC, 1970), la symétrie des périthèces est radiale, et non pas axiale comme chez le *F. fimigenes*; de plus sa paroi est formée d'écailles et ses ascospores sont bicellulaires. Mais c'est également surtout le cas des *Preussia* (CHADEFAUD, PARGUEY-LEDUC & BOUDIN, 1966), qui dérivent des Pléosporales du genre *Sporormia*. Ainsi :

a) les *Sporormia*, ne sont ni périsporiés ni plectascés, leurs asques sont bituniqués typiques et leurs ascospores pluricellulaires.

b) *Preussia multilocularis* Maciejowska et Williams et espèces affines, sont périsporiés mais non plectascés et leurs asques sont encore bituniqués typiques.

c) *Preussia typharum* (Sacc.) Cain, *P. funiculata* (Preuss) Fuckel et *P. terricola* Cain, sont également périsporiés et non plectascés, mais leurs asques claviformes, à paroi évanescente, sont sans appareil apical.

d) enfin, *Preussia multispora* (Saito et Minoura) Cain et espèces affines, sont périsporiés et plectascés, avec des périthèces à axe de symétrie peu net, des asques globuleux, évanescents, sans appareil apical, et des ascospores unicellulaires.

Le *Faurelina* serait comparable au *Preussia typharum* et se situerait à ce niveau de l'évolution, mais avec deux particularités remarquables :

a) dangeardies simples remplacées par des dangeardies itératives, d'où la formation de files d'asques au lieu d'asques typiques.

Il y a eu aussi une évolution des dangeardies ascogènes comparable à celle qu'on observe chez les *Ceratocystis*. Chez ceux-ci, dans un même périthèce, peuvent coexister des dangeardies simples, en crochet, donnant chacune un asque unique, et des dangeardies itératives produisant chacune une file d'asques. L'évolution est donc moins complète que chez le *Faurelina*, où il n'y a plus que des dangeardies itératives - et où, en outre, celles-ci peuvent se ramifier.

b) dangeardies sur un réceptacle convexe, d'où la disposition des files d'asques

Source : MNHN, Paris

en un bouquet divergent.

Cette disposition peut être comparée à celle des asques de *Mycosphaerella* (Pléosporales), du *Pringsheimia sepincola* (Fr.) von Höhnel (Dothiorales), du *Melanospora ornata* Zuk. (Sordariales). Toutefois, chez ces espèces (et surtout le *Melanospora*), le réceptacle convexe appartient à l'appareil sporophytique, tandis que chez le *Faurelina*, il semble provenir du ménisque sous-hyménial.

D'après ce qui vient d'être dit, ces deux particularités sont observables dans des groupes sans proche parenté, donc par le jeu d'évolutions parallèles, mais indépendantes. En ce qui concerne les dangeardies itératives, on remarquera qu'on en retrouve chez les Basidiomycètes (CHADEFAUD, 1974-1975) où elles sont d'ailleurs beaucoup plus fréquentes que chez les Ascomycètes.

Chez ceux-ci, l'une de nous (LOCQUIN-LINARD, 1973) a montré qu'il en existe dans le genre *Chadefaudiella*, dont la position systématique est peu claire. Il est probable que là aussi ce soit du fait d'une convergence, et non d'une proche parenté, contrairement à l'hypothèse que nous avions précédemment émise (LOCQUIN-LINARD, 1975) avant d'avoir pu entreprendre une étude ontogénique précise du *Faurelina*. En effet, bien que se développant également sur des excréments d'animaux et que les ascospores aient une paroi ornée semblable, les ascocarpes adultes ont une organisation différente chez les *Chadefaudiella* (FAUREL & SCHOTTER, 1965) : les périthèces libèrent par la croissance d'un pied, le capillitium contenant les ascospores; ce dernier caractère les a même fait rapprocher par FAUREL & SCHOTTER (1959) de Discomycètes.

4. – Les asques ont une structure très rudimentaire. Unituniqués, ils sont subsphériques comme la plupart des Périsporiés. Aucun appareil apical n'y est plus visible et leur paroi, très fugace, disparaît par simple lyse, libérant ainsi les ascospores.

5. – Les ascospores sont unicellulaires, comme c'est le cas chez les Périsporiés.

BIBLIOGRAPHIE

ARX von J. A., 1973 – Ostiole and nonostiolate Pyrenomycetes. *Proc. Koninklijke Ned. Akad. wet.*, 76, sér. C : 289-296.

CAIN R. F., 1959 – The Plectascales and Perisporiales, in relation to the evolution of the Ascomycetes. *Comm. Congrès Bot. Montréal*, 11 : 56.

CHADEFAUD M., 1960 – Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie) - Tome I, Traité de Botanique de M. CHADEFAUD et L. EMBERGER, 1018 p., Masson et Cie, Paris.

CHADEFAUD M., PARGUEY-LEDUC A. & BOUDIN M., 1966 – Sur les périthèces et les asques du *Preussia multispora* (Saito et Minoura) Cain et sur la position systématique du

Source : MNHN, Paris

genre *Preussia*. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, 82 : 93-122.

CHADEFAUD M., 1973 — Les Basidiomycètes et les Ascomycètes à dangeardies «itératives». *C. R. Acad. Sc. Paris* 276 : 3295-3297.

CHADEFAUD M., 1974-1975 — Sur les «basides à répétition» des *Repetobasidium*. *Revue de Mycologie* 39 : 173-179.

FAUREL L. & SCHOTTER G., 1959 — Un Champignon ascomycètes inédit, type d'une nouvelle famille de position systématique critique. *C. R. Acad. Sc. Paris* 249 : 150-152.

FAUREL L. & SCHOTTER G., 1965 — Notes mycologiques : V. Champignons coprophiles du Tibesti. *Revue de Mycologie* 30 : 330-351.

FAUREL L., LOCQUIN-LINARD M., 1972 — A propos de la découverte d'un second représentant de la famille des Chadefaudiellacées (Champignons Ascomycètes). *C. R. Acad. Sci. Paris* 275 : 2853-2856.

LOCQUIN-LINARD M., 1973 — Recherches sur le genre *Chadefaudiella*. *Revue de Mycologie* 38 : 129-146.

LOCQUIN-LINARD M., 1975 — *Faurelina*, nouveau genre d'Ascomycète (Chadefaudiellaceae ?). *Revue de Mycologie* 39 : 125-129.

MOREAU F. et Mme, 1952 — Sur le développement du *Ceratocystis monoliformis* (Hedgcock) nov. comb. *Revue de Mycologie* 17 : 142-153.

MUGNIER C., 1962 — Recherches sur le Pyrénomycète *Ceratocystis major* (Van Beyma) Cl. Moreau. Diplôme d'Études Supérieures, Paris (inédit).

PARGUEY-LEDUC A., 1966 — Recherches sur l'ontogénie et l'anatomie comparée des ascocarpes des Pyrénomycètes ascoloculaires. I. Les ascocarpes des Pyrénomycètes ascoloculaires bituniqués. *Ann. Sc. Nat., Bot.*, 12e série, VII : 505-690.

PARGUEY-LEDUC A., 1967 — *id.* II. Les ascocarpes des Pyrénomycètes ascoloculaires unituniqués. *Ann. Sc. Nat., Bot.*, 12e série, VIII : 1-110.

PARGUEY-LEDUC A., 1970 — Le développement du périthèce du *Lepidosphaeria Nicotiae* A. Parguey. *Bull. Soc. Myc. Fr.* 86 : 715-724.

SCHMIDT A., 1970 — Ascustypen in der Familie Caliciaceae (Ordnung Caliciales). *Ber. dtsch. bot. Bes.* N. F. 4 - 127.

UDAGAWA S., FURUYA K., 1973 — The genus *Leuconeurospora*. *J. of Japanese Bot.*, 48 : 111-116, 1 pl. h. t.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

LEUCOPAXILLUS RHODOLEUCUS IN ENGLAND

by R. W. G. DENNIS *

Apart from *Leucopaxillus giganteus* (Sow. ex Fries) Sing., familiar to everyone, the genus *Leucopaxillus* Boursier is poorly represented in the British Isles, where the only other species recorded are *L. amarus* (Alb. & Schw. ex Fries) Kühner and *L. paradoxus* (Costantin & Dufour) Boursier and these only rarely. Indeed, according to the monograph by SINGER and SMITH (1943), the genus has his centre of distribution in North America where thirteen species are recognised as compared with only nine in Europe. Of these latter KUHNER & ROMAGNESI (1953) cited only six from France though they added a seventh species, *L. mirabilis* (Bres.) Kühner not studied by the American authors.

It is therefore of considerable interest to record occurence in south-east England of *L. rhodoleucus* (Romell) Kühner. In November 1971 we received at Kew a rather ample collection of a white clitocyboid fungus tentatively determined by the collector as *Clitocybe cerussata* (Fries) Kummer. This it did closely resemble, with pilei up to 4 cm diameter, but the strongly amyloid reaction of the finely warted basidiospores, 8 × 5μm, on four spored basidia 40 × 9μm at once indicated its true identity. As in other species of the genus, there were neither pleurocystidia nor cheilocystidia and the hyphae bore abundant clamp connections. MAIRE (1924) has already observed that the fungus resembles *Clitopilus prunulus* (Scop. ex Fr.) Kummer when young, because of the pink tint of the young lamellae, and *Clitocybe cerussata* when old, when the lamellae have lost this colour. The synonym and details of the new locality are as follows :

Leucopaxillus rhodoleucus (Romell) Kühner in *Bull. Soc. Linn. Lyon* 5, 225, 1926.

Agaricus rhodoleucus Romell in *Botaniska Notiser* 66, 1895.

Clitocybe rhodoleuca (Romell) Saccardo, *Sylloge Fungorum* 14, 74, 1899.

Lepista rhodoleuca (Romell) Maire in *Bull. Soc. Myc. Fr.* 40, 305, 1924.

Terrestrial under *Ulmus*, Sandwich Bay, Kent, leg. G. HALLIWELL, 25th November 1971.

* Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, G. B.

Source : MNHN, Paris

Judging by the scanty published records this may be one of the rarest of Agaricales. It was unknown to SINGER & SMITH and, in addition to ROMELL's three localities in Sweden, MAIRE could cite only two collections, one in France, the other from Algeria. It is however possible that the species often passes unobserved. In spite of the pinkish young lamellae it should not be confused in the field with *Clitopilus prunulus* as it lacks the strong mealy odour of the latter, but the resemblance of mature carpophores to a *Clitocybe* of the *C. cerussata* group is extremely deceptive. Few mycologists in a busy fungus season can spare the time to check the amyloid spore reaction of these common clitocybes but unless this is done *L. rhodoleucus* may easily be missed. The european and north african collections have all been amongst fallen needles of conifers, *Picea* or *Cedrus*, but as *Leucopaxillus* is not a mycorrhizal genus it is not surprising to find it not strictly tied to the conifers. The late occurence, at the end of the fungus season, is evidently not distinctive, for ROMELL recorded his fungus from August to November in Sweden. The Algerian collection was made in mid November but the seasons in north Africa are not closely comparable with those of north-west Europe.

LITERATURE

KUHNER R. & ROMAGNESI H., 1953 – *Flore analytique des Champignons supérieurs*, Paris.

SINGER R. & SMITH A. H., 1942 – A monograph on the genus *Leucopaxillus* Boursier. *Papers of the Michigan Academy of Science, Arts & Letters* 28 : 85-132, 1943.

Source : MNHN, Paris

FUNGI OF DELHI.
XXIX. THREE NEW SPECIES OF CHAETOMIUM FROM DECAYING WOOD

par G. MALHOTRA et K.G. MUKERJI *

RÉSUMÉ. — Trois espèces nouvelles isolées de bois pourissant sont décrites : *Chaetomium angusti-ellipsoideum*, *Ch. longipilum*, *Ch. raii*.

During our studies on the taxonomy and ecology of the wood decaying fungi, several forms have been isolated. These fungi were isolated by keeping the pieces of bark or wood in moist chambers at 27 ± 1°C for seven days. The present paper describes three new species of *Chaetomium*.

Chaetomium angusti-ellipsoideum Malhotra & Mukerji sp. n.

Peritheciis superficialibus, viridi-nigris, opacis, subglobosis vel ovalibus, 100-150 × 80-100µm, ostiolatis, cum rhizoideis delicatis ad substratum affixis. Pilis terminalibus olivaceo-brunneis, non-ramosis, septatis, 180-300 × 7-9µm, ad basim 10-12µm latis, leviter asperis vel levibus, parte inferiore modice arcuata, superiore ter vel quater spirali, extus spectantibus gradatim attenuatis, apicibus hebetibus. Pilis lateralibus paucis olivaceo-brunneis, flexuosis, leviter asperis, 100-250 × 5µm, basi ad 10µm latis, apice attenuatis vel hebetibus. Ascis octosporis, clavatis, 35-40 × 10-15µm, stipite 10-20 × 1-2µm, evanescentibus. Ascosporis irregularibus, generaliter plano-convexis vel lunatis vel concavo-convexis, raro angusti-ellipsoideis, 10-12,5 × 5-7,5µm, foramine germinali ad apicem praeditis.

* Department of Botany, University of Delhi, Delhi-110007, India.

Source : MNHN, Paris

Type : *in ligno putrescenti Eugeniae,* Delhi. *In Herbario* ITCC (Indian Type Culture Collection, IARI: New Delhi) *sub numero* HCIO 1947. Leg. Geeta Malhotra.

Perithecia formed superficially, scattered to aggregated on twigs of *Eugenia* after 5-7 days at 27 ± 1°C, greenish-black, opaque, subglobose to oval, ostiolate, 100-150 X 80-100μm, fixed to the substratum with fine rhizoids (Fig. 5, 11). Terminal hairs olivaceous-brown, not branched, 180-300 X 7-9μm, 10-12μm at base; lower three quaters arched, upper quater forming spiral of three or four coils, coils always facing outwards, smooth to faintly rough; tapering terminally, tips blunt. Lateral hairs few, smaller, olivaceous-brown, flexuous, faintly rough, 250 X 5μm, slightly swollen at base, up to 10μm wide, tips blunt. Asci clavate, 8-spored, evanescent, 35-40 X 10-15μm, with distinct stipe 10-20 X 1-2μm (Fig. 7). Ascospores irregularly arranged, generally plano-convex (Fig. 6, 12) to lunate, some concavo-convex or rarely inequilaterally ellipsoidal (narrowly ellipsoidal), with a single germ pore at one of the ends, 10-12 X 5-7.5μm, generally producing irregular cirrhi.

On Czapek Dox agar, growth was very slow and developed very little greyish mycelium; only a few perithecia developed after fifteen days at 27 ± 1°C.

This form was isolated from decaying wood of *Eugenia* collected on 8th March, 1974. This does not show similarity with any of the known species (AMES, 1963; SETH, 1970). It can be characterized by its terminal hair and ascospores. The specific epithet is based on its ascospores character.

Chaetomium longipilum Malhotra & Mukerji sp. n.

Peritheciis superficialibus, dispersis, fusco-nigris, semitrans-lucidis, ovalibus, 120-170 X 100-120μm, rhizoidibus distinctis ad substratum affixis. Pilis terminalibus duorum modorum : (a) *paucis, longissimis, crassis, generaliter 6-8, interdum ad 15, non-ramosis, levibus, septatis, undulatis, 700-1000 X 5μm, basi 5-7μm latis, olivaceo-brunneis, gradatim attenuatis ad apices pallidos vel hyalinos et hebetes;* (b) *gracilibus maxime undulatis, pallide olivaceo-brunneis densis circum ostiolum, septatis, levibus, 200-300 X 2-3μm, apicibus hebetibus, raro indistincte et irregulariter ramosis ad apicem. Pilis lateralibus paucis, pallide olivaceo-brunneis, gracilibus, rectis vel leniter curvatis, non ramosis, septatis, 50-100 X 1-2μm, basi ad 5μm latis, apice gradatim attenuatis et hebetibus. Ascis octosporis, clavatis, evanescentibus, stipitatis, 25-35 X 8-12μm, stipite 15 X 1-1,5μm. Ascosporis irregulariter dispositis, pallide olivaceo-brunneis, ovalibus vel ellipsoideis, 7,5-9 X 6-7,5μm, ab uno vel ab utroque termino modice apiculatis, foramine germinali ad apicem perforatis.*

Typus : in ligno putrescente Eucalypti. In herbario ITCC *sub numero* HCIO 1943. Leg. Geeta Malhotra. *Cultura sicca (holotypus* - DU/KG 325) *deposita in herbario mycologico, sectione botanica univeristatis* Delhi.

Source : MNHN, Paris

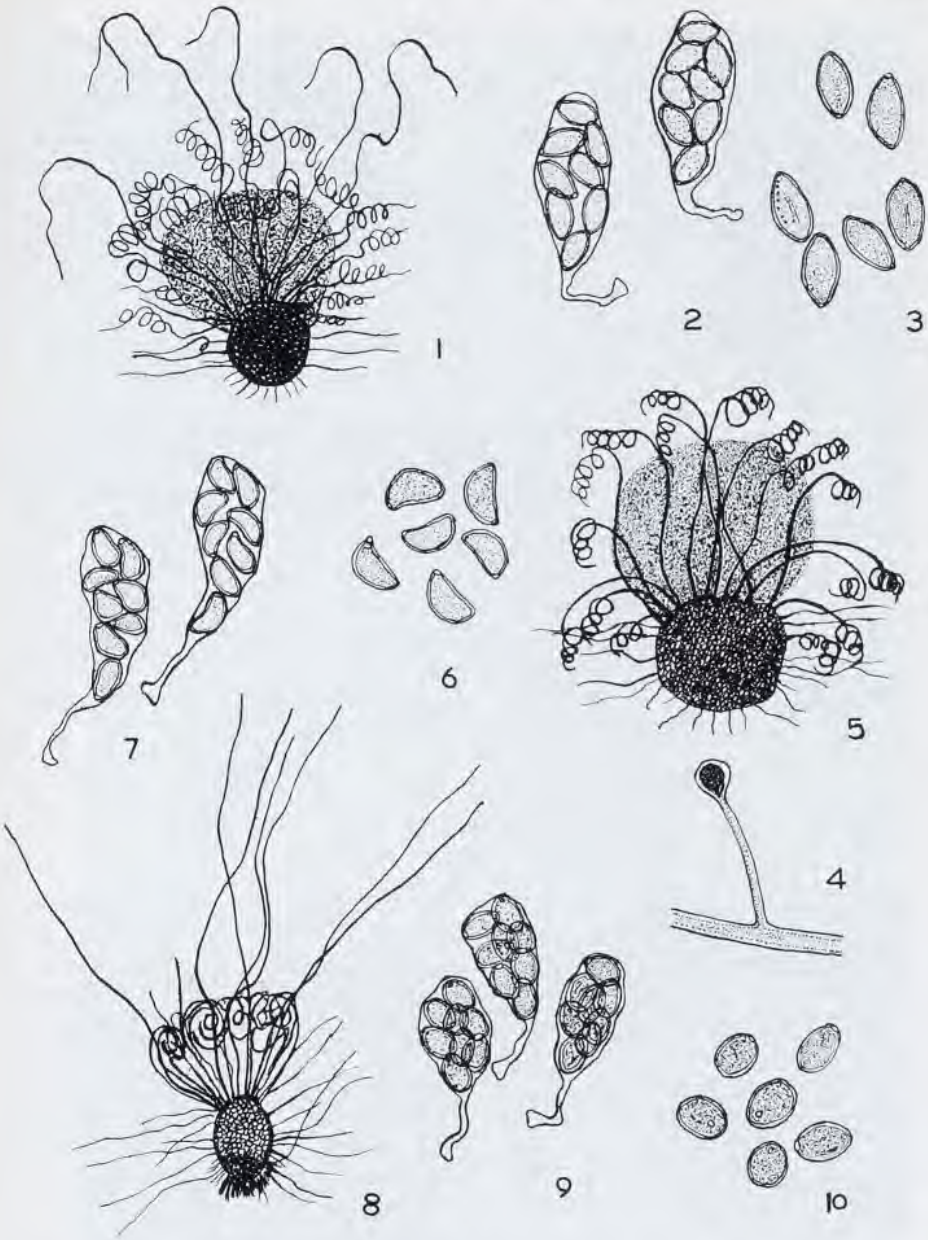


Fig. 1-4. – *Chaetomium raii* Malhotra & Mukerji. 1 : Mature perithecium X 50. 2 : Asci X 600. 3 : Ascospores X 800. 4 : Chlamydospore on stalk X 500. Fig. 5-7. – *Chaetomium angusti-ellipsoideum* Malhotra & Mukerji. 5 : Mature perithecium X 140. 6 : Ascospores X 800. 7 : Asci X 600. Fig. 8-10. – *Chaetomium longipilum* Malhotra & Mukerji. 8 : Mature perithecium X 65. 9 : Asci X 750. 10 : Ascospores X 800.

Source : MNHN, Paris

Colonies moderately slow growing on PDA, reaching 3-4 cm in 10 days at 27 ± 1°C. Perithecia superficial, scattered, light greyish-black in colour, semi-transparent, oval, fixed to the substratum with thick and distinct rhizoids, 120-170 × 100-120μm (Fig. 8, 13); wall 2-3 layered, consisting of polygonal cells. Terminal hairs of two types (Fig. 14) : (a) very long, few, generally 6-8 in number (rarely more and up to 15), unbranched, undulate, olivaceous-brown, thick-walled, smooth, septate, gradually tapering into light coloured blunt tips, 700-1000 × 5μm, 5-7μm wide at the base; (b) slender, highly undulate but not coiled, septate, arising densely around the ostiole, 200-300 × 2-3μm, smooth, light olivaceous-brown, surrounding the spore mass, gradually tapering to blunt tips, very rarely irregularly branched at tips. Lateral hairs few, slender, weak, straight to slightly incurved, short, septate, smooth, light olivaceous-brown, 50-100 × 1-2μm, base swollen, up to 5μm wide, gradually tapering with blunt tips. Asci club-shaped, 8-spored, 25-35 × 8-12μm, stipe distinct 15 × 1-1.5μm (Fig. 9, 15). Ascospores irregularly arranged, oval to ellipsoidal and subapiculate at one or both ends, light olivaceous, 7.5-9 × 6-7.5μm, with an apical germ pore (Fig. 6, 10, 16); frequently producing irregular cirrhi.

This form was isolated from decaying wood and bark of *Eucalyptus* collected on 9th December, 1973 from the University Botanical Garden. The species has been named as *Chaetomium longipilum* because it has long and thick terminal hairs. This differs from all the known species in most of its characters. From *C. ancistrocladum* to which it shows slight resemblance, it differs in having smooth, unbranched hairs (UDAGAWA & CAIN, 1969).

Chaetomium raii Malhotra & Mukerji sp. n.

Peritheciis generaliter superficialibus vel raro partim immersis, fusco-nigris, haud translucidis, globosis vel subglobosis, 200-220 × 200μm, ostiolatis, ad substratum rhizoideis pallide olivaceo-brunneis affixis. Pilis terminalibus duorum modorum : (a) *longissimis, paucis ad 5-6, undulatis, olivaceo-brunneis, septatis, asperatis, 800-1100 × 4-5μm, apice subhyalinis, attenuatis, apicibus hebetibus;* (b) *parte inferiore rectis vel partim undulatis, in ultima parte ter ad quinquies irregulariter spiralibus, olivaceo-brunneis, septatis, asperatis, 400-600 × 3-4,5μm, attenuatis ad hebetibus apice. Pilis lateralibus paucis, similibus terminalibus typi* (b) *erectis vel partim undulatis, ad 300μm longis et 3-4μm latis. Ascis clavatis, octosporis, evanescentibus, 40-42,5 × 12-15μm, stipite 10-15 × 1-1,5μm. Ascosporis irregularibus, pallide olivaceo-fuscis, fusoideis vel ellipsoideis, utrinque apiculatis, uno poro germinationis perforatis, 10-15 × 5-7,5μm. Chlamydosporis globosis, pallide olivaceo-brunneis, terminalibus in ramis lateralibus raro formatis levibus, 8-12μm.*

Typus : in ligno putrescente Mangiferae indicae. In herbario ITCC *sub numero* HCLO 1944. Leg. Geeta Malhotra. *Cultura sicca deposita (holotypus* - DU/KG 326) *in herbario mycologico, sectione botanica universitatis* Delhi.

Source : MNHN, Paris

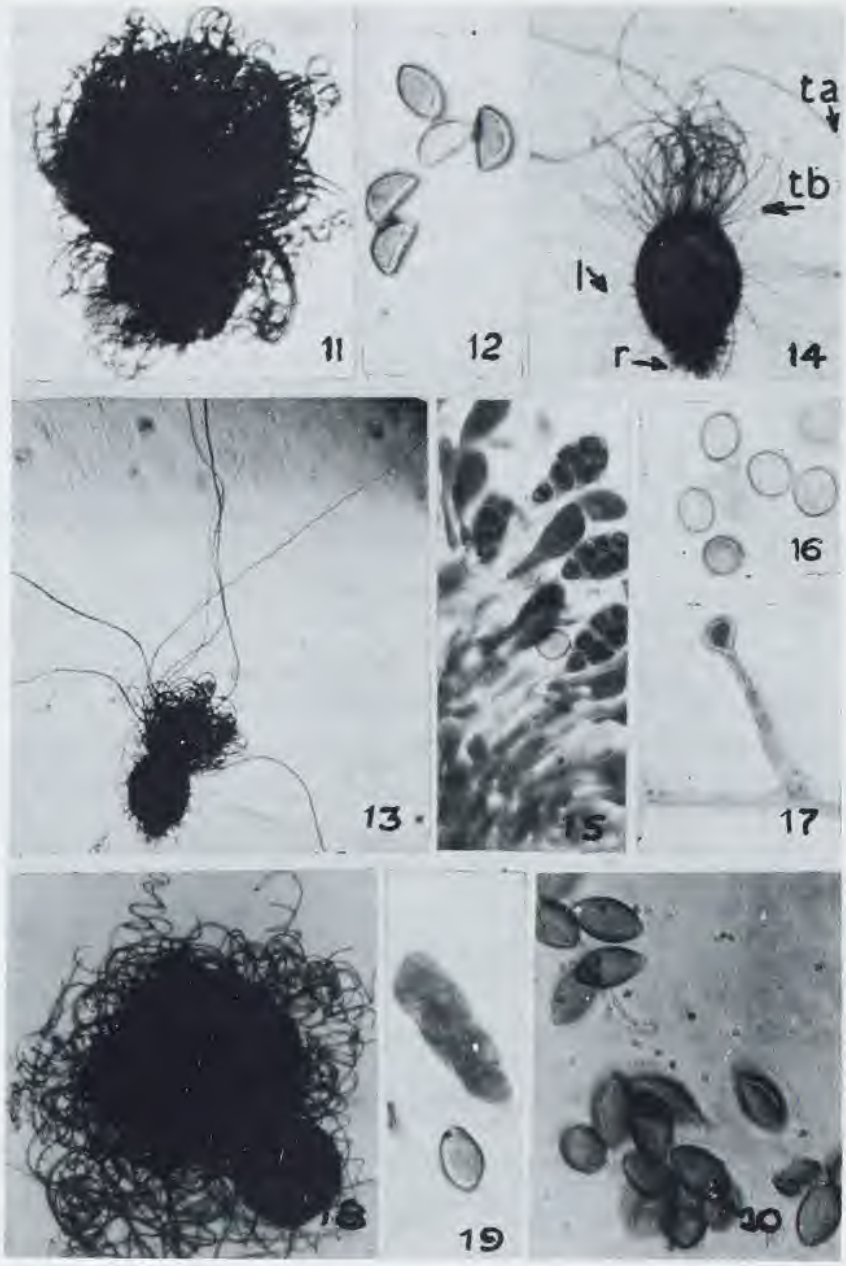


Fig. 11-12. — *Chaetomium angusti-ellipsoideum* Malhotra & Mukerji. 11 : Mature perithecium X 150. 12 : Ascospores X 800. — Fig. 13-16. — *Chaetomium longipilum* Malhotra & Mukerji. 13 : Mature perithecium X 60. 14 : Mature perithecium showing hairs distinctly X 100; ta : terminal a type, tb : terminal b type, l : lateral hairs, and r : rhizoidal hairs. 15 : Asci young and mature X 500. 16 : Ascospores X 600. Fig. 17-20 — *Chaetomium raii* Malhotra et Mukerji. 17 : Chlamydospore on stalk X 500. 18 : Mature perithecium X 60. 19 : Ascus and ascospore X 500. 20 : Ascospores X 700.

Source : MNHN, Paris

Colonies slow growing on PDA, attaining 2 cm in 10 days at 27 ± 1°C; initially forming light greyish-black aerial mycelium, later after about 17 days forming only a few scattered perithecia; reverse initially light yellowish, later becoming olive-yellow in colour. Perithecia globose to subglobose, greyish-black, opaque, 200-220 × 200μm, ostiolate (Fig. 1, 18). Terminal hairs of two types: (a) very long, few, 5-6 in number, undulate, olivaceous-brown, 800-1100 × 4-5μm, septate, rough, tapering gradually to light coloured blunt tips, very rarely branching irregularly in mature perithecia; (b) long undulate with a straight base, irregularly coiled terminally 3-5 times, rough, septate, 400-600 × 4-5μm, tapering to blunt tips, olivaceous-brown; enclosing a mass of ascospores which later develop into irregular cirrhi. Lateral hairs few, short, similar to type (b) of terminal hairs, straight to undulate, sometimes with one or two terminal coils, up to 300μm long and 3-4μm wide, tips blunt. Asci clavate, eight-spored, 40-42.5 × 12-15μm; stipe 10-15 × 1-1.5μm (Fig. 2, 19). Ascospores irregularly disposed, light olive-grey, fusoid to slightly ellipsoid, collapsing with a narrow furrow, apiculate at both ends, germ pore at one end, 10-15 × 5-7.5μm (Fig. 3, 20). Chlamydospores rarely formed terminally on lateral branches, smooth, round, thick-walled, 8-12μm in diameter (Fig. 4, 17).

This form was isolated from decaying wood of *Mangifera indica* collected from the University Botanical Garden on 23 August, 1974.

The specific epithet of this form is given to honour Professor J. N. Rai, a senior Indian Mycologist and teacher of the junior author.

C. raii does not resemble any of the six known species of *Chaetomium* having fusoid ascospores (RAI & MUKERJI, 1962; RIKHY & MUKERJI, 1973).

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks are due to Professor H. Y. Mohan Ram for facilities and Dr T. N. Lakhanpal for helping in various ways.

REFERENCES

AMES L. M., 1963 – A monograph of the Chaetomiaceae. *U. S. Army Res. Develop.* Ser N° 2, 125 p.

RAI J. N. & MUKERJI K.G., 1962 – A new species of *Chaetomium* from Indian soils. *Can. J. Bot.*, 40 : 857-861.

RIKHY M. & MUKERJI K. G., 1973 – Fungi of Delhi. XXIII. *Chaetomium amesii* sp. n. (unpublished).

SETH H. K., 1970 – A monograph of the genus *Chaetomium*. *Beih. Nova Hedwigia* 37 : 1-130.

UDAGAWA S. & CAIN R. F., 1969 – Some new or noteworthy species of the genus *Chaetomium*. *Can. J. Bot.* 47 : 1939-1951.

Source : MNHN, Paris

LES CHAMPIGNONS VÉNÉNEUX

par P. JOLY *

Les champignons vénéneux sont ceux qui contiennent des substances «toxiques» dont l'ingestion provoque des désagréments. Une substance, naturelle ou non, est toxique lorsque, à partir d'une dose minimale, elle entraîne des désordres physiologiques. Si l'on s'en tient à cette définition, toute substance peut être toxique même si, absorbée à une dose inférieure à son seuil de toxicité, elle est par ailleurs normalement indispensable à la survie de l'organisme humain. Aussi, dans la pratique, on ne considère comme toxiques que les substances dont l'effet délétère se manifeste à de très faibles concentrations. Compte-tenu de cette restriction, et du fait que les champignons dans leur ensemble constituent des aliments «lourds à digérer», nous ne considérerons comme vénéneux que ceux dont l'ingestion accidentelle, donc à dose modérée, provoque des troubles végétatifs ou psychiques importants.

Les mécanismes des divers types d'empoisonnements fongiques sont très inégalement connus. Certains commencent à l'être, soit en raison de leur gravité, et donc de la nécessité de concentrer leurs traitements dans des «Centres antipoisons» spécialement équipés pour l'étude et la thérapeutique des intoxications alimentaires (intoxications phalloïdiennes), soit parce qu'on a pensé pouvoir utiliser leurs composés actifs à des fins pharmaceutiques (intoxications psychotomimétiques et ergotisme). Pour les autres, on ne dispose pratiquement que de faits d'observations parfois, mais pas toujours, expliquables par extrapolation de ce que l'on sait sur les premiers.

LES INTOXICATIONS PHALLOIDIENNES

L'exemple le plus typique et le plus banal des empoisonnements de ce type est celui qui résulte de la consommation de l'*Amanita phalloides*. Outre des hémolysines thermolabiles, généralement détruites lors de la cuisson, l'amanite phalloïde contient de la choline et, surtout, divers composés peptidiques

* Laboratoire de Cryptogamie du M.N.H.N., 12 rue de Buffon, 75005 Paris.

Source : MNHN, Paris

à noyau indol (1) dont, au moins :

- cinq heptapeptides («phallotoxines») dont le plus important est la phalloïdine (C_{35} H_{47} O_{10} N_8 S), constituée des sept acides aminés suivants : cystéine, deux molécules d'alanine, allo-hydroxyproline, thréonine, oxy-indolylalanine, oxyleucine; la phalloïne (C_{35} H_{46} O_9 N_8 S) semble n'avoir qu'une importance secondaire;

- huit octapeptides dont les plus importants, les amanitines α et β (C_{37} H_{52} O_{14} N_{10} S), ne diffèrent l'une de l'autre que par leurs liens de structures acide-amide.

Toutefois, on observe des variations relatives ou absolues de ces divers composants selon les échantillons récoltés, certains de ces polypeptides (même la phalloïdine) pouvant manquer.

La caractéristique essentielle des empoisonnements phalloïdiens est le long temps de latence qui existe entre l'absorption du champignon et l'apparition des symptômes (toujours plus de 5 heures, le plus souvent au moins 12 heures, voire 24 heures) et, par la suite, la nature souvent fatale de l'intoxication en raison de l'inefficacité des lavages d'estomac et autres pratiques médicales habituelles. En outre, la médecine est restée longtemps pratiquement impuissante en face de ces empoisonnements à cause de leur nature mixte, résultant des actions successives des amanitines et de la phalloïdine.

Les amanitines attaquent toutes les cellules qu'elles rencontrent, notamment celles du tube digestif, provoquant alors une corrosion (ou du moins une perturbation de la perméabilité) des membranes cytoplasmiques. L'action des amanites est lente, ce qui explique l'apparition tardive des symptômes, mais elle est la cause de l'essentiel des signes externes d'empoisonnement alimentaire aigu : vomissements et spasmes abdominaux, douleurs abdominales, diarrhées d'aliments non digérés, de mucus et de sang, puis prostration avec hypoglycémie et cyanose. On observe également une sudation intense, avec perte d'ions Cl^-, K^+ et Na^+. Le traitement à ce stade consiste essentiellement en des perfusions de sérums salés (en particulier de sérums bicarbonatés pour rétablir l'équilibre acido-basique), mais les diarrhées intenses avec les déséquilibres de la flore intestinale et les risques d'infection qu'elles occasionnent, nécessitent simultanément un traitement précoce aux antibiotiques. Les amanitines provoquent également des troubles rénaux contre lesquels les moyens actuels de réanimation hydro-électrolytiques permettent de lutter efficacement. Ces divers traitements, dont la mise en oeuvre est maintenant classique, permettent d'éviter les suites mortelles, à ce stade, lorsque l'hospitalisation intervient assez rapide-

(1) Chez l'*Amanita virosa*, systématiquement très proche de l'*A. phalloides*, la principale substance toxique est la «virosine», polypeptide cyclique sans noyau indolique (Courtillot et Staron, 1970). D'autre part, il semble que les substances naturelles des amanites vénéneuses soient, en fait, de nature plus complexe que celle des corps qui ont été caractérisés chimiquement : d'où les noms de «myriaphalloïnes», «myriavirosines», etc..., sous lesquels on les désigne (Staron et Courtillot, 1975).

Source : MNHN, Paris

ment. On observe alors une rémission des troubles gastro-intestinaux; mais cette amélioration n'est que temporaire en raison de l'action simultanée de la phalloïdine dont, alors, les effets ne tardent pas à apparaître.

Après l'ingestion du champignon, la phalloïdine se fixe rapidement et électivement sur le foie. Au niveau des cellules de cet organe, elle s'attaque aux mitochondries d'abord, puis secondairement aux lysosomes et aux noyaux. Chez les mitochondries, elle inhibe certaines enzymes du cycle de Krebs, apparemment au niveau de l'acide pyruvique (Fig. 1) : il y aurait alors compétition entre le radical soufré de la phalloïdine et celui de l'acide thioctique ou celui du coenzyme A. La thérapeutique consiste, à ce stade et pour tenter de réamorcer le cycle, en des injections d'acide thioctique et de coenzyme A, ainsi que des autres coenzymes (vitamine B_1, *NAD*, etc.) qui participent à l'enchaînement des réactions. On peut également injecter des transporteurs d'hydrogène comme l'acide ascorbique.

La phalloïdine attaque également les lysosomes, dont elle entraîne la lyse et, par suite, une autolyse des cellules du foie; on peut lutter contre cette atteinte à l'aide de substances qui protègent la membrane lipoprotéique des lysosomes (la cortisone, par exemple, ce qui expliquerait au moins en partie l'effet de la corticothérapie; toutefois, les anti-enzymes se sont révélées être peu efficaces à ce propos). Enfin, il faut noter que les lésions pulmonaires, cérébrales, cardiaques ou rénales que l'on observe à la suite de ces intoxications semblent être dues aux enzymes libérées dans l'organisme par cette cytolyse et non à une action directe des toxines de l'amanite phalloïde.

LES SYNDROMES PARAPHALLOIDIENS

On regroupe sous ce nom tout un ensemble d'intoxications caractérisées par des symptômes assez voisins de ceux des empoisonnements phalloïdiens, mais sur lesquelles on ne dispose, en fait, que de peu de renseignements. Des accidents de ce type peuvent être provoqués par des lépiotes du groupe de la *Lepiota helveola* sensu Bresadola : *L. brunneo-incarnata* (= *L. helveola* sensu Barla), *L. flammeo-tincta* (= *L. helveola* sensu Josserand), *L. pseudo-helveola* Kühner, etc. Ce sont de petites espèces, venant souvent dans des lieux aérés : prés, haies, jardins, etc., où elles croissent spontanément. Autrefois sporadiques, les accidents qui leur sont imputables semblent être plus fréquents depuis quelques années, probablement à la suite de la mode des cultures familiales de champignons sauvages où, après avoir procédé à des «ensemencements» dans les jardins, on croit pouvoir ramasser impunément tous les champignons qui y poussent.

Des intoxications de type paraphalloïdien ont été aussi signalées en Europe Centrale, à partir de 1957, avec pour origine la consommation du *Cortinarius orellanus*. Expérimentalement, ce champignon s'est effectivement avéré être toxique pour les mammifères, tout comme le sont d'ailleurs d'autres cortinaires : *C. orellanoides* et *C. speciosissimus*, très voisins du *C. orellanus*, mais aussi le

Source : MNHN, Paris

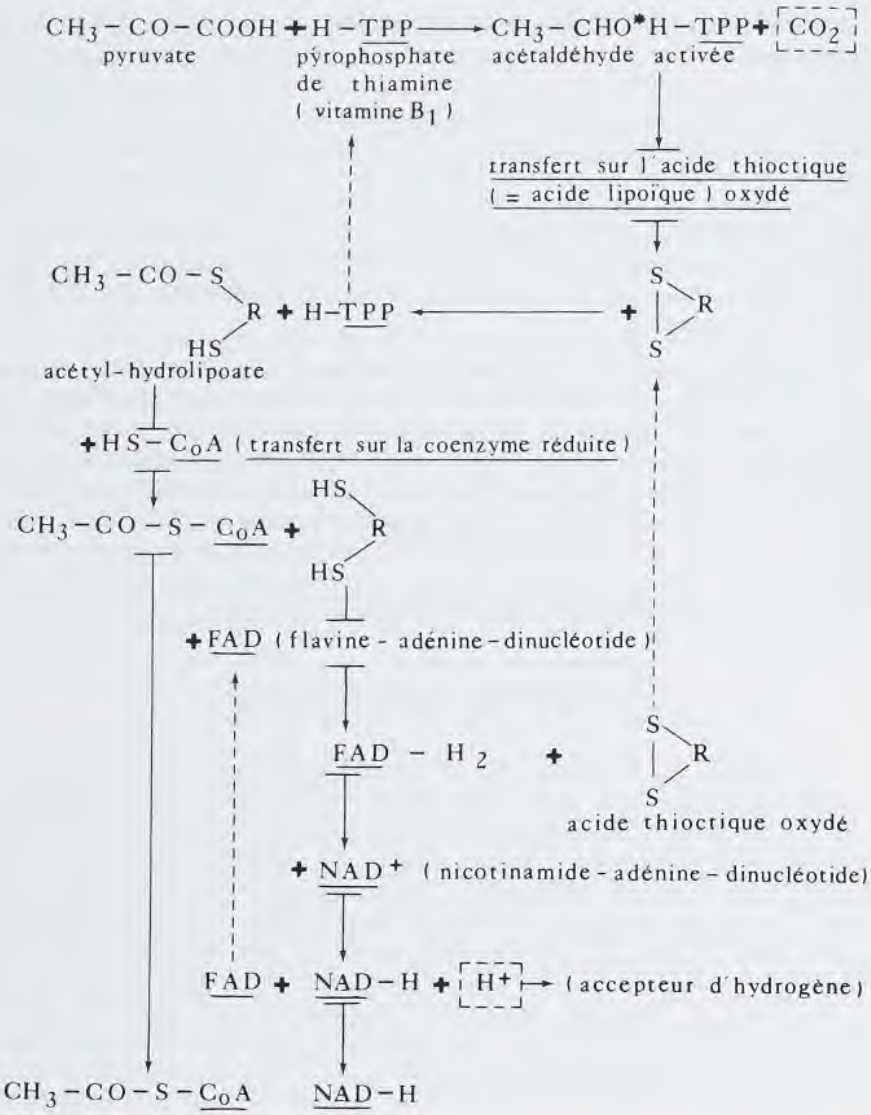


Fig. 1. – Étapes du cycle de Krebs affectées par la phalloïdine dans les cellules du foie.

Source : MNHN, Paris

C. semi-sanguineus et divers représentants du groupe *C. cinnamomeus*. Bien que pour la plupart très banaux en France, ces champignons n'y sont pas consommés et, semble-t-il, non confondus avec les espèces habituellement récoltées puisqu'on ne connaît pas, dans notre pays, de mentions précises d'accidents dont ils auraient pu être la cause.

LES INTOXICATIONS PSYCHOTOMIMÉTIQUES

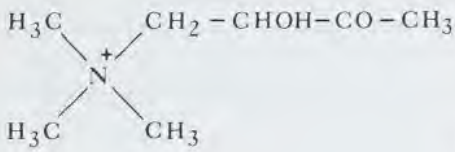
Une substance est dite psychotomimétique (Downing, *Quart. Rev., Londres*, p. 133, 1962) lorsque son ingestion provoque des modifications de la pensée, de la perception et de l'humeur; ces modifications peuvent apparaître seules ou conjointement, selon les sujets, mais elles n'entraînent pas de perturbations définitives du fonctionnement du système nerveux autonome ni d'autres infirmités séquentielles. La plupart des substances connues pour leur action psychotomimétique, utilisées d'ailleurs depuis fort longtemps, sont d'origine végétale : c'est le cas du hashish (tiré du chanvre, le *Cannabis indica*), du peyotl (extrait d'une Cactacée, le *Lophophora williamsii*), du téonanácatl (psilocybes et champignons voisins), du cohoba (obtenu à partir de divers *Piptadenia*), etc.

Bien que l'usage des composés naturels riches en substances psychotomimétiques soit vieux de plusieurs millénaires, et encore pratiqué par des populations primitives, nous sommes relativement peu renseignés à son sujet : cet usage est le plus souvent secret en raison des pratiques magiques, mystiques ou religieuses auxquelles il est associé. L'étude scientifique de leur action sur l'homme est récente, liée aux progrès de la psychiatrie.

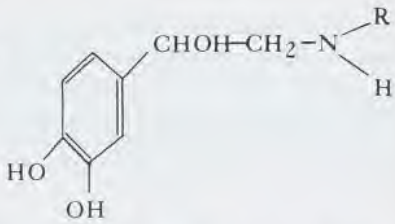
Les substances psychotomimétiques produites par les Basidiomycètes sont essentiellement :

1. La psilocine et son ester phosphorique, la psilocybine (Fig. 2), cette dernière existant en plus grande quantité que la psilocine dans les fructifications des champignons hallucinogènes. On les rencontre chez divers *Psilocybe* américains (*P. mexicana, P. caerulescens*, etc.), le *Stropharia cubensis*, également américain mais dont l'aire s'étend à l'Asie Méridionale (Viet-Nam, Cambodge, Thaïlande), divers *Panaeolus* dont le *P. (= Copelandia) cyanescens*, espèce cosmopolite qui a même été signalée sur l'hippodrome de Cagnes-sur-Mer en 1965 (Heim et coll., 1965). Il existe cependant des variations dans les teneurs en principes actifs selon les espèces et, par exemple, si certains *Panaeolus* semblent être constamment psilocybiens (*P. cyanescens, P. tropicalis*, etc.), d'autres ne le sont que sporadiquement (*P. africanus, P. phoenisecii*, etc.) alors que des espèces ne paraissent jamais l'être (*P. acuminatus, P. campanulatus, P. retirugus*, etc.). Des champignons généralement inoffensifs et négligés en raison de leur petite taille ou de leur nature peu charnue, comme le *Clitocybe gallinacea* ou le *Mycena pura*, par exemple, ont parfois été mentionnés comme ayant pu être à l'origine d'intoxications à symptômes hallucinogènes. En fait, leur toxicité est sujette à caution en raison de la subjectivité des souvenirs personnels de la phase aigüe des troubles psychiques et, en tout état de cause,

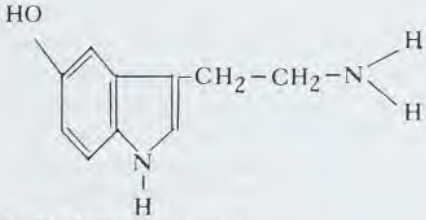
Source : MNHN, Paris



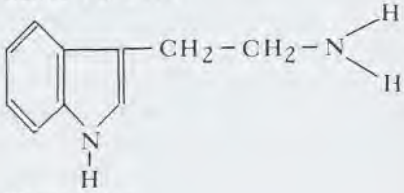
Acétylcholine



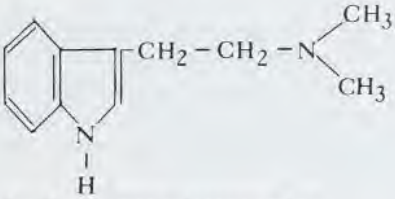
Adrénaline (R = CH_3) et Noradrénaline (R = H)



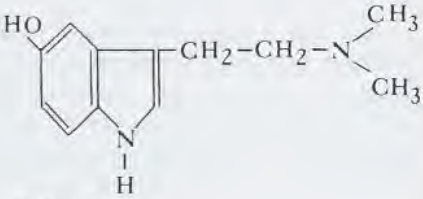
5-Hydroxytryptamine



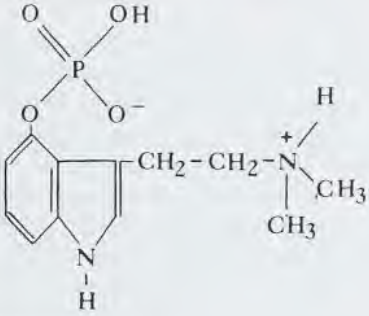
Tryptamine



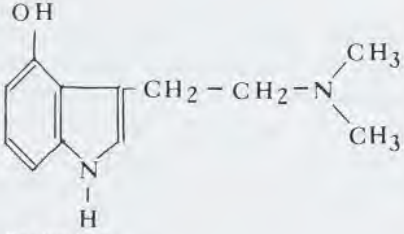
N-N-Diméthyltryptamine



Bufoténine



Psilocybine



Psilocine

Fig. 2. — Formules chimiques des médiateurs des neurones cérébraux (acétylcholine, adrénaline, noradrénaline et 5-hydroxytryptamine) et des alcaloïdes hallucinogènes dérivés de la tryptamine (N-N-diméthyltryptamine, bufoténine, psilocybine et psilocine).

Source : MNHN, Paris

on ignore complétement la nature des substances éventuellement incriminables.

2. La bufoténine (Fig. 2), initialement isolée des sécrétions glandulaires de certains crapauds, mais qui serait plus couramment élaborée par les végétaux. Elle existe chez des plantes supérieures comme les *Piptadenia : P. colubrina* dont les Indiens brésiliens utilisent les feuilles comme du tabac à priser, graines de *P. peregrina ou de P. macrocarpa* où elle coexiste avec la N-N-diméthyltryptamine, le plus simple des alcaloïdes indoliques à action hallucinogène. Parmi les champignons, la bufoténine existe (décrite sous le nom de «mappine») au moins chez certaines amanites (*A. mappa, A. muscaria, A. pantherina*), mais apparemment à des doses trop faibles pour pouvoir rendre compte des effets psychotomimétiques résultant de l'absorption de ces champignons.

Ces deux types de substances psychotomimétiques produites par les champignons supérieurs sont des hydroxytryptamines diméthylées dont l'action, au niveau des neurones cérébraux, a pu être rapprochée de celle de la 5-hydroxytryptamine, souvent appelée sérotonine car isolée primitivement du sérum sanguin, qui existe normalement dans le cerveau (ganglion basal, zone concernée par les réactions émotives) et la glande pinéale. Dans l'organisme humain, la 5-hydroxytryptamine a une action double, organique et excitatrice des neurones cérébraux; mais son existence normale est fugace, sa formation à partir du 5-hydroxytryptophane (sous l'action de la 5-hydroxytryptophane-décarboxylase) étant rapidement suivie de son oxydation en acide 5-hydroxy-indol-3-ylacétique, catalysée par la monamine-oxydase. Au niveau organique, la 5-hydroxytryptamine provoque la contraction des muscles lisses, cette action étant antagonisée par des faibles doses de L.S.D., d'alcaloïdes hallucinogènes ou de ceux de l'ergot du seigle (action «anti-sérotonine»). Au niveau des neurones cérébraux, où elle existe normalement, la 5-hydroxytryptamine exerce une action excitante pendant la courte période qui sépare sa formation de sa destruction. Il est admis qu'elle puisse alors constituer un médiateur chimique important du système cérébral, sa présence équilibrée étant nécessaire au maintien d'un état psychique stable; toute anomalie de sa teneur entraînerait des psychoses : excitation par excès, dépression par défaut. (2)

(2) En fait, le mode d'action des composés hallucinogènes est probablement plus nuancé et plus complexe qu'il n'apparaît dans ce schéma. D'une part, parmi les substances possédant un noyau analogue à celui de la sérotonine et dotées de l'action «anti-sérotonine» des hallucinogènes, certaines n'exercent aucune action psychotomimétique : c'est le cas, en particulier, de la diéthylamide de l'acide 2-bromolysergique dont l'action anti-sérotonine est égale à une fois et demie celle du L.S.D. mais qui, au niveau psychique, est dépressive et non hallucinogène. D'autre part, le rôle de la monamine-oxydase ne serait pas exclusif dans la destruction de la sérotonine : si certains inhibiteurs de cette enzyme (1-isonicotinyl-2-isopropylhydrazine, par exemple) agissent effectivement sur le psychisme, d'autres substances non inhibitrices de la monamine-oxydase, comme l'isonicotinyl-hydrazine, exercent apparemment la même action. En outre, il existe des interférences possibles entre les actions des divers types de médiateurs chimiques des neurones cérébraux :

- l'acétyl-choline et l'adrénaline agiraient dans le cerveau de la même façon que dans les nerfs, avec des effets antagonistes sur la conduction au niveau des synapses (Biel et coll., *J. Org. Chem.*, 26, p. 4096, 1961).
- la noradrénaline et la 5-hydroxytryptamine pourraient aussi exercer des actions opposées à ce niveau (Costa et coll., *1st Int. Pharmacol. Meeting, Stockholm*, 8, p. 43, 1961).
- Enfin, outre ces médiateurs dont l'action peut être considérée comme presque prouvée, d'autres substances pourraient également intervenir : histamine, dopamine, etc. .

Source : MNHN, Paris

La rapidité de l'oxydation de la 5-hydroxytryptamine dans l'organisme expliquerait son absence apparente d'activité hallucinogène, tout apport externe étant détruit avant d'avoir pu atteindre le cerveau. Par contre, les composés diméthylés, plus stables, pourraient atteindre le cerveau pour y exercer une action hallucinogène, soit après une déméthylation qui les transforme *in situ* en sérotonine, soit par action directe homologue de celle de cette dernière.

Enfin, pour être complet à propos des champignons à action psychotomimétique, il faut signaler que d'autres espèces, en particulier des bolets et des russules, sont utilisées en Nouvelle-Guinée dans des pratiques rituelles (Heim, 1965) où leur consommation est apparemment associée à des états d'excitation particuliers (Heim et Wasson, 1964); on en ignore les principes éventuellement actifs et la nature même des scènes décrites ne permet pas de savoir si l'excitation extériorisée est réelle ou simulée.

L'ERGOTISME

Les intoxications de ce type, consécutives à l'ingestion d'ergots du seigle (sclérotes du *Claviceps purpurea*) sont connues depuis très longtemps. Ces sclérotes contiennent un complexe de substances, globalement désignées sous le nom d'«ergotoxines» qui provoquent la contraction des muscles lisses et, à faibles doses ont comme les substances psychotomimétiques une action antagoniste de celle de la 5-hydroxytryptamine (action anti-sérotonine). Historiquement, les ergots du seigle ont été utilisés en médecine, en raison de leur action stimulante sur les muscles lisses, pour provoquer les contractions utérines lors des accouchements difficiles; accidentellement incorporés à la farine de seigle utilisée pour faire le pain (une dose de 1% d'ergot du seigle constituant déjà un danger certain), les ergots ont aussi été à l'origine des épidémies sporadiques du «mal des ardents», caractérisées par des désordres gastro-entériques et respiratoires, des troubles moteurs avec convulsions, des hallucinations et des développements de gangrène.

Si les accidents humains sont maintenant devenus rares, l'ergotisme est encore responsable (surtout en Amérique du nord) d'intoxications affectant le bétail, le *Claviceps purpurea* pouvant également se développer sur diverses Graminées fourragères : *Agropyron* spp., *Agrostis alba, Bromus inermis, Calamagrostis* spp., *Elymus* spp., *Phalaris arundinacea, Poa* spp., etc. Les symptômes d'intoxication varient alors selon qu'il s'agit d'ingestion à petites doses ou d'ingestions massives accidentelles.

L'ingestion à petites doses, mais régulière pendant quelques semaines à quelques mois (ergotisme chronique) entraîne typiquement une nécrose des extrémités (membres, bout de la queue, bout des oreilles et même de la langue dans les cas les plus sévères) qui deviennent froides et insensibles avec développement d'une gangrène sèche, classique dans les empoisonnements humains historiques. Les ingestions plus massives (ergotisme aigu) affectent surtout le bétail : elles sont suivies, soit de gangrène, soit de symptômes neurotropiques

Source : MNHN, Paris

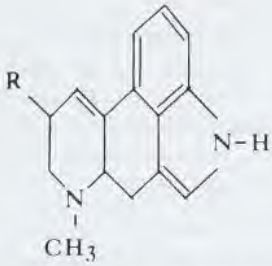
et convulsifs. Le seuil d'absorption d'aliments ergotés qui différencie l'ergotisme chronique de l'ergotisme aigu est variable selon les individus : chez la vache, par exemple, une absorption quotidienne de 100 g de sclérotes pendant 11 jours est suffisante, le plus souvent, pour entraîner les symptômes gangréneux; mais chez certaines, cette dose suffit pour déclencher les symptômes neurotropiques. Il existe en outre des variations importantes dans les teneurs en ergotoxines selon les origines géographiques des ergots.

Dans les cas chroniques typiquement gangréneux, la contraction permanente de certains muscles périphériques fait apparaître une zone annulaire contractée qui encercle le membre affecté entre la zone saine et celle qui va se gangréner. A ce niveau, il se forme peu à peu une crevasse qui, la contraction se poursuivant, va isoler les tissus mortifiés du moignon central; ce dernier pourra se cicatriser si l'absorption cesse : il en résulte alors seulement la disjonction de la zone nécrosée (perte d'un ou plusieurs doigts, de quelques os de la queue, etc.). Dans les cas les plus graves, outre les possibilités d'infection secondaire du moignon, la gangrène peut s'étendre à l'ensemble du métacarpe ou du métatarse avec la mise à nu des os. Cette nécrose des extrémités est toujours accompagnée d'une action sur les muscles lisses du tube digestif avec nausées, douleurs abdominales, avortement, etc., parfois même inflammation puis érosion des muqueuses de la bouche. Chez les oiseaux, la gangrène affecte souvent la crête et le bec.

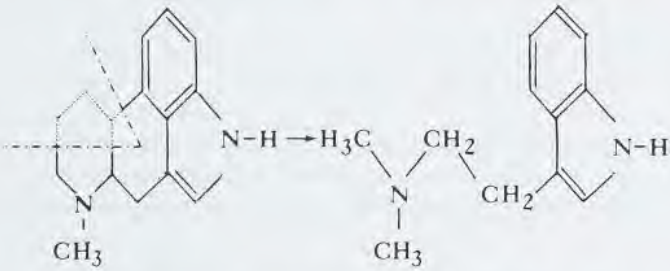
Les symptômes neurotropiques et convulsifs résultent généralement d'ingestions journalières plus importantes mais ils sont accompagnés, comme précédemment, de désordres gastro-intestinaux et abortifs. Ils ne sont pratiquement pas connus chez l'homme, mais seulement chez les animaux qui ont brouté des fourrages infectés par le *Claviceps purpurea*, le *C. cinerea* ou le *C. paspali* : les symptômes apparaissent 48 h à une semaine après le début de l'ingestion. On observe alors une hyper-excitabilité, les bêtes devenant méfiantes dès qu'on les approche, parfois même belliqueuses sans raisons apparentes. Ce stade est suivi de tremblements et d'incoordinations des mouvements avec, en particulier, une flexure exagérée des membres antérieurs : l'animal tombe en courant ou, s'il veut boire, bascule dans l'eau et se noie. Il y a simultanément une accélération du rythme cardiaque, mais l'appétit demeure aussi longtemps que l'animal est capable de brouter. La phase finale est caractérisée par des périodes de ruades intempestives mêlées à des périodes de rigidité tétanique qui, devenant de plus en plus fréquentes et longues, conduisent à la mort de soif et de faim. Si les animaux sont retirés assez tôt du pré infecté, la guérison survient spontanément, mais les séquelles motrices nécessitent en général l'abattage des animaux atteints.

Réunies sous le nom «d'ergotoxines», les substances actives de l'ergot du seigle sont en fait tout un ensemble d'alcaloïdes dont les plus actifs sont l'ergocryptine, l'ergocornine, l'ergocristine, l'ergosine, l'ergotamine et l'ergonovine, ces deux dernières substances étant les plus fréquemment utilisées en thérapeutique médicale (l'ergométrine et l'ergobasine ne sont pas distinctes de l'ergonovine). Tous ces alcaloïdes sont fondamentalement constitués d'une molécule

Source : MNHN, Paris



Acide lysergique (R = COOH)
et L.S.D.-25 (R = CON[CH2-CH3]2)



Rupture des liaisons pouvant conduire de l'acide lysergique (ou du L.S.D.) au squelette de la N-N-diméthyltryptamine.

Fig. 3. — Formules chimiques de l'acide lysergique et du L.S.D.-25 et mode de transformation possible de ces composés en substances hallucinogènes de type sérotonine.

d'acide lysergique (Fig. 3) combinée à diverses structures aminées : leur hydrolyse libère l'acide lysergique et un ou plusieurs peptides (3). La molécule la plus simple est celle de l'ergonovine, composée d'un seul groupe aminé lié au radical lysergique; l'ergotamine est déjà un polypeptide dont le noyau lysergique est associé à deux groupes aminés. La fraction moléculaire active des ergotoxines est la structure lysergique qui, comme dans le cas du L.S.D. (diéthylamide de l'acide lysergique), conduirait par rupture de certaines liaisons chimiques à la formation de substances vaso-constrictrices et hallucinogènes du type sérotonine (Fig. 3).

(3) En fait, l'acide lysergique naturel libéré par hydrolyse des ergotoxines est un mélange de racémates, l'acide +, lysergique possédant une activité physiologique plus forte que celle de l'acide -, lysergique. Il en est de même du L.S.D. (Lyserg Saüre Diethylamid) dont l'activité psychotomimétique a été largement utilisée en psychiatrie : le +, L.S.D. est environ 10^4 fois plus actif sur les neurones cérébraux que la mescaline alors que le -, L.S.D. n'est que 10^2 fois plus actif que cette substance.

Source : MNHN, Paris

LES INTOXICATIONS MUSCARINIENNES

Ces intoxications sont typiquement liées à l'absorption de muscarine (Fig. 4), la muscarine naturelle étant la l-muscarine alors que la synthèse chimique conduit à l'obtention d'un mélange de huit muscarines : quatre isomères (muscarine, épi-muscarine, allo-muscarine, épi-allo-muscarine) représentés chacun par leurs deux racémates l et d.

Le syndrome muscarinien typique (= syndrome sudorien), accompagné du cortège habituel des symptômes d'empoisonnement alimentaire, avec vomissements et diarrhées, se caractérise par une sudation et une salivation très abondantes mais sans excitation du système nerveux central : l'intoxication muscarinienne pure n'est jamais hallucinogène, contrairement à une croyance liée au fait que la muscarine a été originellement isolée de l'amanite tue-mouches (*Amanita muscaria*). Malgré les symptômes impressionnants, souvent inquiétants pour l'entourage du malade, la mortalité muscarinienne est très peu élevée : à peine 3 à 4% des cas selon les données classiques, beaucoup moins encore maintenant grâce aux moyens de réanimation dont sont pourvus les centres hospitaliers spécialisés.

Le mode d'action de la muscarine dans l'organisme est mal connu; toutefois, son analogie d'action et d'indication médicale (4) avec l'ésérine (physostigmine), qui est un anticholinestérase puissant, laisse présumer une intervention de la muscarine au niveau de l'acétyl-choline dans son rôle de médiateur chimique du système nerveux végétatif. Jusqu'ici, l'existence naturelle de muscarine n'a été décelée que chez des champignons, mais elle y est relativement banale; certains en contiennent beaucoup (jusqu'à 0,16% chez des *Inocybe*), la plupart beaucoup moins. Elle semble être particulièrement fréquente chez certains *Inocybe* (*I. patouillardii, I. napipes, I. fastigiata, I. eutheles*, etc.) et chez les *Clitocybe* blancs (*C. rivulosa, C. dealbata, C. phyllophila*), mais divers autres champignons en renferment aussi en faibles quantités : *Clitocybe olearia* peut-être même *Clitopilus prunulus, Russula emetica*, etc.

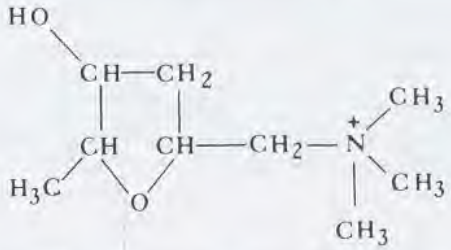


Fig. 4. – Formule chimique de la muscarine naturelle (l-muscarine).

(4) Administration d'atropine, inhibitrice de l'acétyl-choline, et simultanément antidote spécifique des toxines muscariniennes.

Source : MNHN, Paris

Quelques amanites toxiques comme l'*Amanita pantherina* et l'*A. muscaria* contiennent aussi de la muscarine, mais en faibles quantités et les intoxications qu'elles provoquent ne sont pas typiquement sudoriennes : les syndrômes sont mixtes, des symptômes hallucinogènes se surajoutant à ceux qui résultent de l'action des poisons muscariniens. L'empoisonnement est plus nettement muscarinique qu'hallucinogène chez l'*A. pantherina*, plus hallucinogène chez l'*A. muscaria*; mais dans les deux cas, l'administration d'atropine est contre-indiquée en raison de l'existence des troubles hallucinogènes. En fait, si ces amanites contiennent de la muscarine, elles contiennent également de faibles quantités de bufoténine et de choline, ainsi qu'un autre alcaloïde, la muscaridine. Toutefois, la bufoténine est ici à une dose beaucoup trop faible pour être responsable des phénomènes hallucinatoires, même chez l'*A. muscaria*. Quant à l'action exacte de la choline, elle est mal connue bien que vraisemblablement liée au rôle de médiateur chimique de l'acétyl-choline.

LES INTOXICATIONS CONDITIONNELLES

On réunit sous ce nom tout un ensemble d'intoxications variées, mais qui ne se manifestent que dans des conditions déterminées, les champignons en cause pouvant être consommés impunément lorsque ces conditions ne sont pas remplies. On trouvera donc ici un ensemble hétérogène d'empoisonnements aux modalités diverses, souvent même inconnues. L'exemple le plus typique est celui de *Coprinus atramentarius*, dont la substance active n'a pas été identifiée : assortie d'une boisson alcoolisée, la consommation de ce champignon provoque un effet «disulfiram» (5) très accentué, qui peut durer de 30 minutes à quelques heures. L'intoxication est spectaculaire, mais non alarmante, le meilleur traitement consistant à rassurer le malade en attendant que les symptômes disparaissent d'eux-mêmes. Si l'on s'abstient de toute boisson alcoolisée, le *C. atramentarius* est complètement inoffensif.

On place encore dans les intoxications conditionnelles les troubles occasionnés par des champignons consommés crus, alors que cuits ils sont parfaitement inoffensifs et souvent même fort appréciés : c'est le cas de la plupart des amanites comestibles, et de quelques lépiotes, de nombreux Discomycètes, etc., qui contiennent des hémolysines thermolabiles, détruites lors de la cuisson. On peut encore signaler à ce propos que le *Paxillus involutus*, bien que le plus souvent signalé sans réserves comme comestible dans les ouvrages de langue française, peut provoquer des empoisonnements très graves lorsqu'il est consommé après une cuisson imparfaite.

(5) Le disulfiram (ou antabus) est un disulfure de tétra-éthyl-thiurame. Absorbé, il interfère dans l'organisme avec le métabolisme de l'alcool éthylique si l'on consomme, dans les 12 à 24 heures qui suivent, une boisson alcoolisée : il en résulte une accumulation d'acétaldéhyde provoquant des sensations de chaleur, une vaso-dilatation et une rougeur intenses, de l'hypotension, des palpitations, des étourdissements pouvant aller jusqu'à la perte de conscience, des vomissements et souvent un état d'effondrement plus ou moins accentué.

Source : MNHN, Paris

Bien qu'on ne connaisse pas les conditions exactes de sa toxicité occasionnelle, la gyromitre (*Gyromitra esculenta*) provoque parfois des accidents très graves, pouvant être mortels, lorsqu'elle est consommée immédiatement après la cueillette. Par contre, après dessiccation, elle est couramment consommée depuis fort longtemps (elle fait même l'objet d'une commercialisation importante à l'état sec) sans qu'on ait eu, jusqu'à présent, connaissance d'accidents. Le fait qu'à l'état frais, elle ait provoqué des accidents chez des sujets qui, quelques jours auparavant, en avaient déjà consommé impunément, a longtemps fait penser à des processus de type anaphylactique. En fait, l'examen critique des cas d'empoisonnements et de leurs antécédents a montré que le lien avec une consommation antérieure était loin d'être évident, l'explication anaphylactique devenant alors douteuse. On n'en sait pas plus actuellement, sur les conditions dans lesquelles la toxicité de la gyromitre se manifeste ni, d'ailleurs, sur la nature des substances alors toxiques. De pareils accidents occasionnels ont aussi été signalés en Amérique du Nord, après des consommations de lépiotes (*Lepiota morgani*), sans qu'on en sache plus qu'au sujet de la gyromitre.

Enfin, pour en terminer avec les troubles conditionnels, il faut signaler les phénomènes allergiques (en général liés à l'inhalation de spores et non à une consommation proprement-dite du champignon) qui ne se manifestent que chez les individus sensibles.

LES TROUBLES GASTRO-INTESTINAUX

De nombreux champignons sont susceptibles de provoquer des désordres gastro-intestinaux, même lorsqu'ils sont consommés à faibles doses. La gravité des troubles est alors très variable selon les espèces et même, souvent, chez la même espèce. Certains champignons sont toujours toxiques, susceptibles d'empoisonnements graves (*Entoloma lividum, E. nidorosum, E. rhodopolium, Tricholoma tigrinum*, etc.) ou seulement plus ou moins violemment purgatifs (*Clavaria formosa, C. aurea*, etc.). Ils sont généralement évités et leur consommation n'est qu'accidentelle. Plus rarement consommés encore en raison de leurs saveurs âcres ou piquantes, divers lactaires (*Lactarius torminosus, L. blennius*, etc.) et russules (*Russula emetica*) entraînent aussi, régulièrement, des troubles gastro-intestinaux même lorsqu'ils sont consommés modérément.

D'autres champignons ne montrent qu'une toxicité inconstante : ils ne provoquent pas systématiquement des troubles gastro-intestinaux, même si ces troubles peuvent parfois être violents : c'est le cas du *Rhodopaxillus irinus*, de l'*Agaricus xanthodermus*, du *Boletus satanas*, et même d'espèces plus communément consommées comme l'*Armillaria mellea*, la *Collybia fusipes* ou le *Clitocybe nebularis*. On connaît très mal les mécanismes de ces empoisonnements, plus occasionnels (et à fréquences variables) que conditionnels. Outre des différences de sensibilités, évidentes chez les consommateurs de ces champignons, il semble exister, selon les cas, soit des variations dans les teneurs moyennes en substances toxiques, (*Clitocybe nebularis, Agaricus xanthoderma*

Source : MNHN, Paris

par exemple, dont les accidents sont plus fréquents certaines années ou en certains lieux), soit une toxicité plus grande des échantillons mûrs, les jeunes individus étant presque toujours inoffensifs (*Armillaria mellea, Collybia fusipes*, etc.). Enfin, il ne faut pas oublier non plus que tout champignon, même parfaitement comestible, peut entraîner des désordres gastro-intestinaux plus ou moins graves lorsqu'il a dépassé l'état de maturité; les processus de putréfaction s'engagent alors très tôt, souvent même avant que les fructifications aient totalement perdu leur aspect engageant.

LES MYCOTOXICOSES

On réunit sous ce terme tout un ensemble d'empoisonnements qui, à la différence des précédents, ne résultent pas de la consommation proprement dite d'un champignon, mais de celle d'aliments sur lesquels il s'est développé au préalable. Les substances toxiques ne sont pas contenues dans les cellules elles-mêmes, mais rejetées dans le substrat où elles persistent, même après l'élimination du champignon. Les mycotoxicoses connues jusqu'à présent résultent presque exclusivement du développement des moisissures (*Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Stachybotrys, Trichothecium*, etc.) sur des produits alimentaires d'origine végétale : grains et farines de céréales, graines et tourteaux oléagineux, fourrages ensilés, fruits secs, etc.

Les syndromes de mycotoxicoses sont très variés, en raison même de la grande diversité des natures chimiques et des modes d'action sur l'organisme animal des toxines susceptibles d'être rejetées par les moisissures dans les denrées alimentaires. En outre, les symptômes sont souvent complexes, un champignon pouvant émettre plusieurs toxines et une même toxine pouvant agir sur des organes différents, donc avec des effets multiples. Il est toutefois possible de regrouper les principales mycotoxicoses en fonction de leurs syndromes majeurs, étant entendu que le fait, pour deux champignons distincts, d'engendrer des syndromes globalement comparables n'implique en rien une analogie dans les modes d'actions de leurs toxines : la grande diversité de nature chimique des toxines émises par les moisissures laisse au contraire présager l'existence de modalités d'intervention très variées.

1. – Hépatotoxicoses. De nombreuses mycotoxines entraînent des lésions hépatiques. Les plus connues sont les aflatoxines, hépatocarcinogènes très puissants synthétisés par l'*Aspergillus flavus* et l'*A. parasiticus*; on a également détecté des aflatoxines chez certaines cultures d'*A. tamarii, A. niger, A. wentii*, et même de quelques *Penicillium (P. citrinum, P. variabile)* bien que, parfois, des confusions aient été possibles avec d'autres substances de structures chimiques assez proches (stérigmatocystine, aversine, etc.). L'*A. flavus*, qui se développe sur diverses substances alimentaires (graines, fruits, etc.), est particulièrement fréquent sur les tourteaux d'arachide employés dans l'alimentation du bétail. Il produit surtout de l'aflatoxine B_1, mais aussi de l'aflatoxine G_1 et, en quantités moindres, des aflatoxines B_2 et G_2 ainsi que des hydroxyaflato-

Source : MNHN, Paris

xines (aflatoxines B_{2a} et G_{2a}) des substances de la famille de la stérigmatocystine, des antibiotiques, etc. . Les aflatoxines sont actives sur tous les animaux: porcs, volailles, poissons, etc., les ruminants adultes (surtout les ovins) étant toutefois plus résistants. Leur ingestion massive entraîne des nécroses du parenchyme hépatique et une atteinte des reins, avec mort rapide. Plus usuelle, l'intoxication chronique provoque l'apparition de zones hémorragiques et nécrotiques dans le foie; si elle se prolonge, elle peut évoluer vers de véritables cancers du foie, avec des métastases qui, dans certains cas, peuvent atteindre les poumons.

Les aflatoxines les plus toxiques sont les aflatoxines B_1 et G_1. Il semble que l'organisme animal tende à les hydroxyler en substances de toxicités moindres et c'est d'ailleurs en général sous de telles formes (en particulier d'aflatoxines M_1 et M_2, respectivement hydroxy-4, aflatoxines des aflatoxines B_1 et B_2) qu'elles sont éliminées dans les urines et le lait; on observe aussi, chez certains animaux, une accumulation d'hydroxyaflatoxines dans le foie (aflatoxines B_{2a} et G_{2a}). Toutefois, il semble que les ovins, au moins, soient capables d'excréter directement l'aflatoxine B_1, sans hydroxylation préalable. Enfin, il faut noter que les aflatoxines ne sont pas les seules toxines d'origine fongique capables de déterminer des empoisonnements associés principalement à des atteintes des tissus hépatiques. Indépendamment des champignons producteurs d'aflatoxines, des accidents accompagnés de lésions du foie ont été observés chez des animaux ayant consommé des aliments pollués par l'*Aspergillus ochraceus* (ochratoxines), l'*A. versicolor* (stérigmatocystine et aversine), le *Penicillium islandicum* (islanditoxine).

2. – Néphrotoxicoses. Les plus typiques résultent de l'ingestion d'aliments pollués par le *Penicillium citrinum* (ou quelques espèces voisines), producteur de citrinine (Fig. 5). Douée par ailleurs de propriétés antibiotiques, la citrinine entraîne des lésions hépatiques et rénales. Au niveau des reins, on observe un élargissement des tubules collecteurs, avec destruction de leur épithélium et développement d'une fibrose interstitielle. Le *P. viridicatum* produit également de la citrinine.

3. – Cardiotoxicoses. Elles résultent de l'action de diverses substances chimiquement voisines : acide terrestrique (*Penicillium terrestre*), acide carolique (*P. charlesii*), acide viridicatique (*P. viridicatum*), acide penicillique (*P. cyclopium*).

4. – Neurotoxicoses. La citréoviridine émise par le *Penicillium citreoviride* affecte les ganglions moteurs de la moelle épinière, entraînant des paralysies ascendantes; la maltoryzine de l'*Aspergillus oryzae* provoque également des paralysies musculaires. Indépendamment des dégâts organiques qu'elle induit, la clavacine (*Aspergillus clavatus, Penicillium urticae, P. expansum, P. terrestre*) déclenche, en particulier chez les bovins, des symptômes d'affections nerveuses : incoordination des mouvements, paralysie partielle des membres postérieurs.

5. – Syndromes divers. Un des plus banaux est le syndrome hémorragique, particulièrement fréquent chez les intoxications aiguës, plus rare dans les em-

Source : MNHN, Paris

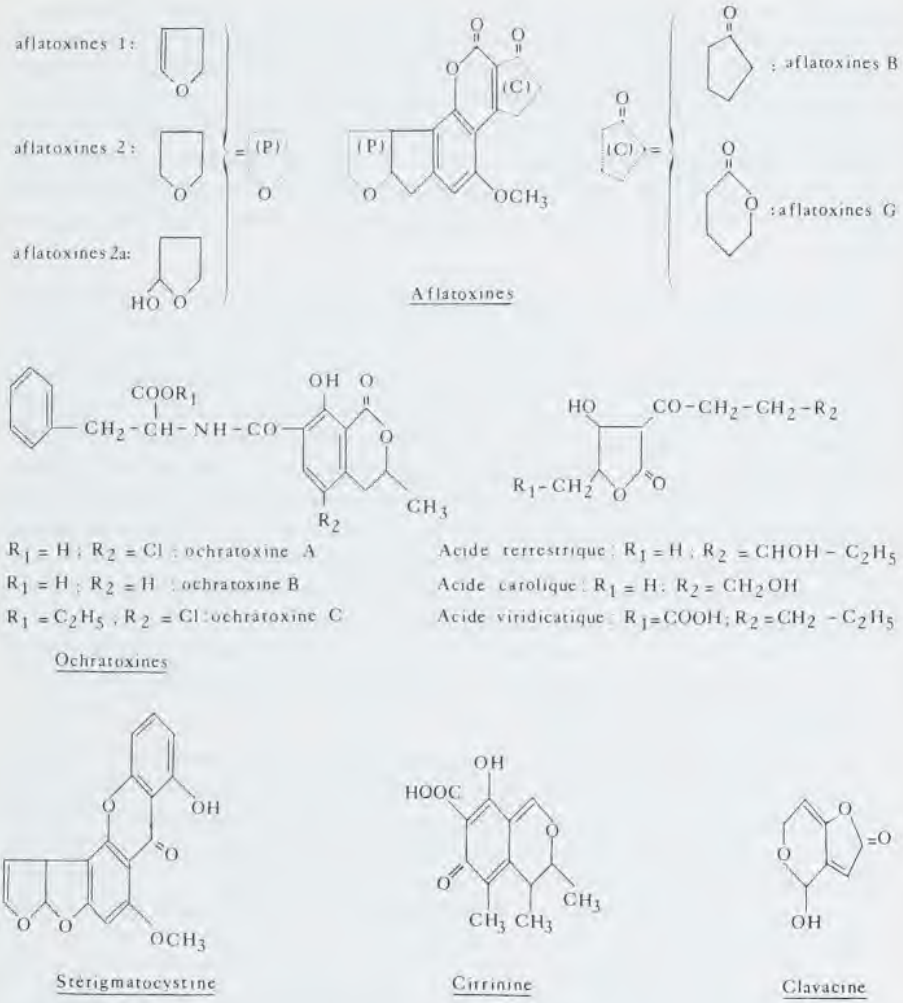


Fig. 5. — Formules chimiques de quelques mycotoxines.

poisonnements chroniques; on l'observe dans divers accidents consécutifs à la consommation d'aliments pollués par des développements d'*Aspergillus* et de *Penicillium* variés, de *Fusarium sporotrichoides*, de *Stachybotrys atra*, etc. Plusieurs *Fusarium* et *Trichothecium* ont été à l'origine de gastro-entérites plus ou moins graves chez le bétail; des aliments contaminés par l'*Aspergillus fumigatus*, le *Mucor pusillus* ou l'*Absidia ramosa* peuvent entraîner des avortements; etc. .

Source : MNHN, Paris

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

BASTIEN P., 1973 – Phalloïde es-tu enfin vaincue ? *Lyon Pharmaceutique* 24 : 545.

COURTILLOT M. & STARON T., 1970 – Les Amanites toxiques; contribution à l'étude d'*Amanita virosa*. *Rev. Path. comp. et Médec. Expér.* n° 809 et 810, 1970.

DEICHMANN W.B. & GERARDE H.W., 1969 – *Toxicology of drugs and chemicals.* Academic Press ed., New York et Londres, 805 pp.

GAILLARD J., REVEILLERE H.P. & FOUCAUD A., 1973 – Les intoxications phalloïdiennes : aspect médical actuel. *Bull. Soc. Myc. Fr.* 89 : 133.

GAILLARD J., REVEILLERE H.P. & FOUCAUD A., 1973 – Les intoxications phalloïdiennes : principes du traitement. *Bull. Soc. Myc. Fr.* 89 : 141.

GORDON M., 1964 – *Psychopharmacological agents.* Academic Press ed., New York et Londres, 1 : 878 pp.

HEIM R., 1963 – Les champignons toxiques et hallucinogènes. Boubée éd., Paris, 327 p.

HEIM R., 1965 – Les champignons associés à la folie des Kuma. *Cahiers du Pacifique* 7 : 7.

HEIM R., HOFMANN A. & TSCHERTER H., 1965 – Sur une intoxication collective à syndrôme psilocybien causée en France par un *Copelandia*. *C. R. Acad. Sc., Paris* 262 : 519.

HEIM R. & WASSON R.G., 1958 – *Les champignons hallucinogènes du Mexique.* Muséum Nat. d'Hist. Natur. éd., Paris, 322 pp.

HEIM R. & WASSON R.G., 1964 – La folie des Kuma. *Cahiers du Pacifique* 6 : 3.

LARCAN A., LAMBERT H., LAPREVOTE-HEULLY M.C., DESJARDIN B. & JACSON R., 1973 – Données récentes sur le traitement des intoxications phalloïdiennes. *Ann. Médicales de Nancy* 12 : 1841.

MENUT G., TOULET M. & LAVIGNON A., 1971 – Les traitements antiphalloïdiens. *Revue des C.H.U.* 1971, p. 47.

MOREAU C., 1974 – *Moisissures toxiques dans l'alimentation.* Masson éd., Paris, 471 pp.

OLA'H G.M., 1969 – Le genre *Panaeolus*. Essai taxinomique et physiologique. *Rev. de Mycol.* suppl. n° 10, 273 pp.

SICOT C., 1972 – Les intoxications par les champignons. *Concours médical* n° 45 : 7470.

STARON T. & COURTILLOT M., 1975 – Quelques données nouvelles sur les toxines d'*Amanita virosa* et *A. phalloides*. *Bull. Soc. Myc. Fr.* 91 : 556.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

DE LA NÉCESSITÉ DE L'HÉRÉSIE

Écrire c'est s'opposer. Qui consent ne dit mot, et fait mieux de se taire. Ces maximes sont vraies pour la politique, pour la théologie, pour la médecine, pour les arts, et aussi pour la science. Du temps où on croyait qu'Aristote avait tout vu et tout dit, et où on risquait le bûcher à hasarder le contraire, l'aventure de l'esprit a connu une stagnation extraordinaire, chacun ne pouvant que ressasser sous une autre forme les paroles du maître. Nous concevons mal aujourd'hui le courage, pour ne pas dire l'héroïsme qu'il a fallu à notre Descartes pour «faire table rase» et reconstruire sa pensée en repartant à zéro.

Il en va de même pour la mycologie. Tout porte à croire que les plus grands mycologues d'autrefois s'imaginaient être arrivés au bout de leur science, et qu'après eux il n'y aurait plus rien à découvrir. Une tradition orale de mon pays veut que Quélet, après avoir terminé l'édition de ses oeuvres mycologiques, pensait que la matière des champignons était épuisée, et s'il avait vécu plus longtemps il se serait consacré à l'entomologie, terre nouvelle pour lui.

Mais il est arrivé que les nouveau-venus, en contemplant les oeuvres des devanciers, fût-ce avec le plus grand respect, se sont toujours sentis pris d'un doute, et qu'étant ce qu'ils étaient, ils ont dû voir d'un autre oeil ce que les autres avaient vu avant eux. Quélet, devant ce monument élevé par Fries, a apporté ses propres explosifs, et en a démoli de grands pans, en le reconstruisant à sa façon. Il a créé des espèces nouvelles en foule, et inventé des genres insoupçonnés. Il a deviné des parentés nouvelles et établi un ordre inespéré.

Sa flore a été longtemps le seul instrument indiscutable dont ont pu se servir les mycologues européens, et il a donné le branle à toute une série de recherches et d'hypothèses qui bien souvent sont venues le contredire, tout en respectant son esprit. Il avait apporté à la recherche mycologique une méthode originale, sans se douter que cette méthode même infirmerait bien souvent ce qu'il considérait comme acquis.

Que dire alors de nos contemporains? C'est devenu presque une manie de tout remettre en question, et l'assertion de Gilbert, qui disait que tout ce que les anciens avaient vu avait a priori été mal vu, semble être le seul dogme qui nous reste. C'est tout de même oublier qu'ils avaient vu ce qu'ils pouvaient voir avec les moyens dont ils disposaient, et que je trouve quant à moi merveilleux que, sans se servir d'un microscope, Fries ait eu le flair de ranger les champignons sous des rubriques qui pour la plupart tiennent encore debout, même si c'est

Source : MNHN, Paris

sous des noms différents. C'est Malençon, je crois, qui a dit fort justement que celui qui le premier a su distinguer un Lycoperdon d'un autre Lycoperdon a manifesté plus de génie que nous autres qui séparons deux espèces au vu de leurs spores ou de leurs réactions chimiques.

Non que je veuille à toute force rabaisser le mérite de nos contemporains. Ils travaillent beaucoup, et bien. Je songe par exemple à l'énorme genre *Tricholoma* d'autrefois. Quélet l'acceptait tel qu'il était, tout en le divisant avec beaucoup d'intelligence, et d'une façon souvent prophétique. Mais il est arrivé qu'en y regardant de plus près, on s'est aperçu qu'il était hétérogène, comme on dit, et que certains de ses ensembles étaient si cohérents qu'il était juste de les en séparer. Il en fut ainsi d'abord pour les *Melanoleuca*. La structure de leurs lamelles, la présence de leurs cystides aberrantes, leur architecture même, en faisaient autre chose, et ce nouveau genre s'est même montré tellement cohérent et tellement séparé qu'il est souvent impossible de donner un nom certain à l'espèce qu'on vient de récolter. C'est un de ces genres en chaîne, où chaque chaînon est si proche de son voisin qu'on y perd son latin.

Puis ce fut le tour des *Rhodopaxillus*. (Je crois qu'on dit maintenant *Lepista*, mais comme personne n'a jamais pu expliquer pourquoi, je m'en tiens au nom le plus usité par les honnêtes gens). C'est que ces Rhodopaxilles présentaient la particularité d'avoir des lamelles séparables, et des spores grenues et rosées. Enfin, il y eut les Lyophyllums, séparés avec une astuce diabolique par Kühner grâce à leurs basides à granulations carminophiles. Et aussi les *Calocybe* qui sont voisins des précédents, mais en diffèrent par des détails à la fois subtils et prégnants.

Au premier abord, ces distinctions ont pu paraître inutiles ou excessives. Mais à la réflexion, elles l'emportent par leur évidence. Et personnellement, j'ai été convaincu par un argument que j'ai découvert presque par hasard : c'est que ce qui reste des Tricholomes sensu stricto est fait de champignons qui sont tous mycorrhiziques, alors que tous les autres sont saprophytiques. Il y a là, me semble-t-il, quelque chose de décisif, et l'hypothèse a été corroborée, outre ses preuves propres, par un phénomène adjacent qui aurait suffi pour légitimer ces coupures.

Et voici que moi-même, je vais avoir l'audace de m'opposer. Vous connaissez tous, au moins de nom, ce champignon assez rare qui fut longtemps une omphale, et dont Kühner et Romagnesi ont fait en fin de compte *Hygrophorus atropunctus*. Or c'est une évidence que tous les Hygrophores de nos climats sont mycorrhiziques.Je dis de nos climats, car sous les tropiques, tous ceux que j'ai vus étaient saprophytiques et ne vivent dans la grande forêt que sur le bois pourri. Mais il se trouve justement que cet *Hygrophorus atropunctus* est lui aussi saprophyte, et fait donc exception à la règle, et tout seul. Ce n'est pas une raison suffisante pour lui refuser le titre d'Hygrophore, mais une simple présomption. Peut-être faudrait-il voir en lui un cousin des Hygrophores équatoriaux, ou bien à l'intérieur de notre genre *Hygrophorus* une petite loge aberrante et dont la place est toute provisoire, en attendant mieux.

Source : MNHN, Paris

Pour nous en tenir à nos Hygrophores, beaucoup de modernes ne se contentent plus des sous-genres classiques, et n'ont pu s'empêcher d'élever ces sous-genres au rang de genres positifs et définitifs. Ici, l'opposition des modernes revêt une apparence purement passionnelle. En effet, l'idée de genre, si elle est très évidente en phanérogamie, devient souvent purement métaphysique et sentimentale en mycologie. Leur existence est affaire d'opinion, bien plus que de certitude, et j'admire toujours ceux qui, aussitôt qu'un mycologue inconnu a subdivisé un genre connu en deux ou trois genres nouveaux aux noms le plus souvent barbares ou imprononçables, se précipitent sur ces nouveautés qui n'ajoutent souvent rien à la science, et qui ne font guère que surcharger la nomenclature. Faudrait-il admettre qu'il y a un snobisme mycologique? A Dieu ne plaise! Je suis sûr que ces dociles amateurs de nouveautés à tout prix sont de très bonne foi, et je crois qu'ils y prennent plaisir et y voient plus clair en adoptant ces vocables terrifiants.

Prenez l'exemple des Bolets. On les a tronçonnés, en élevant au rang de genres les sous-genres de Quélet, affublés de noms nouveaux. Était-ce nécessaire? La Nature pourrait nous le dire, si la Nature pouvait parler. Nous n'en sommes, hélas, que les interprètes, les traducteurs, et nos traductions sont sans doute toutes pleines de contre-sens, car nous ne voyons que le devant du décor et les coulisses de la réalité nous échappent. Hé bien, ces Bolets divisés en genres auxquels nous sommes conviés à croire dur comme fer, des travaux plus « modernes » arrivent à cette conclusion que le genre *Boletus* classico sensu est absolument homogène, et que c'est une pure fantaisie d'y couper les cheveux en quatre ou en huit. Ici, l'esprit d'opposition s'est opposé à une autre opposition, et nous assistons à un de ces phénomènes dialectiques échelonnés dans le temps, qui devraient nous faire un peu réfléchir.

La mycologie est une matière tellement insaisissable et ténue qu'il ne faut y toucher qu'avec une prudence extrême. Nous en sommes à la définition des espèces, ce qui n'est déjà pas un labeur facile. Nous avons tenté d'établir l'existence des genres sur des critères sûrs, mais personne n'a jamais défini à partir de quels critères, en mycologie, un genre pouvait être séparé d'un autre. Si bien que si des genres comme *Amanita, Volvaria, Tricholoma, Lepiota, Psalliota,* etc. ont quelque évidence, combien d'autres se présentent comme le fruit du hasard, de la fantaisie, ou de la vanité!

L'expérience devrait nous apprendre que ce que nous considérons comme acquis sera contredit demain, et que si nous sommes fiers d'avoir apporté quelques distinctions dans le fatras des espèces, ces distinctions sont à la merci de recherches ou d'intuitions nouvelles, qui viendront de nouveau tout bouleverser. Nos petits-enfants, s'ils sont encore mycologues, s'attendriront sans doute sur le degré de nos naïvetés, car ils auront assisté à d'autres découvertes, ils y verront peut-être plus clair que nous, tout en profitant de nos propres erreurs. Car la science n'est qu'une suite d'erreurs rectifiées, mais la rectification qui est un progrès n'eût pas été possible sans l'erreur intelligente qui l'a précédée.

C'est dire que je suis aussi peu réactionnaire que possible. Je conçois aussi

Source : MNHN, Paris

bien que personne ce qu'est l'évolution d'une science comme la nôtre. Mais le progrès me paraît être plus dans la possibilité de bonnes synthèses que dans l'émiettement inutile de nos connaissances. L'important n'est pas d'appeler un Bolet *Ixocomus* ou *Leccinum*, mais de savoir ce qu'est un Bolet, et ce n'est pas une petite affaire. « Des mots, des mots, des mots ». . . Mais il y a les choses, qui en fin de compte seules importent.

G. Becker

Source : MNHN, Paris

ANALYSES BIBLIOGRAPHIQUES

NUSS I. – Zur Oekologie der Porlinge. *Bibliotheca mycologica* Bd 45, J. Cramer, Vaduz, 1975 : 258 p., 36 tabl., 56 fig.

L'auteur envisage ici deux aspects de l'écologie des polypores : d'une part l'influence des facteurs saisonniers et climatiques sur la sporulation; d'autre part, les relations de ces champignons avec la faune des coléoptères associés. L'intérêt du travail repose sur le grand nombre d'exemplaires analysés : 86 carpophores appartenant à 27 espèces d'Aphyllophorales, et sur la durée exceptionnelle des observations, poursuivies de façon continue pendant plus de deux années. I. NUSS a ainsi récolté un nombre considérable de données numériques exprimant les rythmes saisonniers et l'influence de la température et de l'humidité ambiantes sur l'émission des spores. L'analyse statistique des dimensions et de la forme des basidiospores recueillies met en évidence de nettes variations d'un carpophore à l'autre et, pour un même exemplaire, tout au long de la période de sporulation; les «protospores» émises en début d'activité diffèrent sensiblement des spores normales.

En fonction de trois paramètres : longévité des carpophores, durée et époque du déclenchement de l'émission des spores, l'auteur envisage 24 types théoriques de sporulation, auxquels il tente de rapporter chacune des espèces envisagées. Toutes les données numériques collectées au cours de ce minutieux travail sont fournies en appendice et donnent matière à de nombreux tableaux et graphiques qui en facilitent l'interprétation.

La deuxième partie de l'ouvrage est tout aussi riche d'informations inédites. Au cours d'une année d'observations, 153 espèces de Coléoptères, appartenant à 28 familles (la plupart étant des Staphylinidés) ont été récoltées sur 20 espèces différentes de polypores : 180 individus ont été disséqués pour examiner microscopiquement leur contenu digestif. L'abondance des fragments de mycélium et des spores présents dans le tractus digestif des insectes mycophages permet de leur attribuer un rôle probable dans la dissémination des champignons.

Une bibliographie de près de 200 titres et un glossaire des termes techniques complètent l'ouvrage, qui offre une source appréciable de données numériques et d'informations originales sur quelques aspects de la biologie des espèces les plus courantes de polypores. – J. N.

Source : MNHN, Paris

LE SALON DU CHAMPIGNON

Le Salon du Champignon 1976 se tiendra dans la galerie de Botanique du Muséum National d'Histoire Naturelle du 9 au 17 octobre prochain. Malgré la sécheresse persistante, nous espérons pouvoir réaliser l'habituelle présentation de champignons vivants, attrait majeur de cette exposition. On y trouvera également une documentation intéressante sur les champignons toxiques et des renseignements sur les flores mycologiques associées aux divers peuplements forestiers de la région parisienne. Enfin, le comportement des champignons parasites sera illustré par quelques exemples qui porteront l'accent sur les principales modalités de propagation des maladies qu'ils provoquent chez les plantes : dissémination des spores par le vent (rouilles des céréales), contamination par le sol (aspergillose de l'arachide) ou transport par des insectes (maladie hollandaise de l'orme).

ERRATUM

Dans la composition du fascicule I du Tome 40 se sont glissées des erreurs, dont nous prions les auteurs de bien vouloir nous excuser. Il fallait lire :

P. 26, Légende : Maïs réhumidifié de 16% à 27°. Fradiase incorporée avec l'eau de réhumidification et maintenue à 16°C.

P. 69 (fig. 1) : Mesure de l'activité protéolytique au cours du temps par la méthode de KUNITZ (Uap : unités d'activité protéolytique). — p. 73 (fig. 2) : Activités protéolytiques des 6 isolats en fonction du pH et rapportées à 1 ml de filtrat de culture. (Méthode de KUNITZ). — p. 74 (fig. 3) : Activités protéolytiques dans les tissus parasités du Céleri (Méthode viscosimétrique). — p. 75 (fig. 4) : Activités protéolytiques en fonction de la température (préparations enzymatiques obtenues in vivo cf. fig. 3). — p. 76 (fig. 5) : Activités protéolytiques dans les tissus parasités du céleri (CE), de la carotte (CA) et du concombre (CO) en fonction du pH (Méthode de diffusion sur gélose). — p. 77 (fig. 6) : Activités protéolytiques au cours de la pathogenèse pour les deux *Sclerotinia*, mesurée par la méthode viscosimétrique (A) et celle de KUNITZ (B) et évolution parallèle du poids de tissus parasités en grammes (Pti g) au cours du temps.

Source : MNHN, Paris

Commission paritaire n° 29713 mars 1955
Dépôt légal : n° 600 - Septembre 1976 - Imp. Vial, 91410 Dourdan

Source : MNHN, Paris